

KOCELİ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İKİ KOMPONENTLİ KAUÇUK HORTUM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Funda KISACIK

Anabilim Dalı: Makina Mühendisliği

Danışman: Yard. Doç. Dr. Armağan ARICI

KOCAELİ,2006

KOCELİ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İKİ KOMPONENTLİ KAUÇUK HORTUM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Funda KISACIK

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 23 Eylül 2005

Tezin Savunulduğu Tarih: 13 Nisan 2006

Tez Danışmanı

Yard. Doç.Dr. Armağan Arıcı

(.....)

Üye

Prof. Dr. Levon Çapan

(.....)

Üye

Prof. Dr. Fehim Fındık

(.....)

KOCAELİ,2006

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Otomotiv sektöründe yaşanan gelişmeler sürekli iyileştirme ve geliştirme çabalarını gerektirmektedir. Daha kaliteli ve daha uygun hizmeti tüketiciye sunmak ve dünyada gittikçe azalan yakıt kaynaklarını daha verimli kullanmak ve en önemlisi de bu noktadan hareketle yakıt sistemi içerisinde kullanılan kauçuk bazlı yakıt hortumlarının geçirgenliğini azaltarak veya en az geçirgen kauçuk malzemeyi kullanarak çok uçucu olan yakıt maddesinden daha fazla faydalanmak sureti ile otomobilin yakıt gereksinimini ve doğaya yayılan zararlı yakıt miktarını azaltmak düşüncesi ortaya çıkmıştır.

Bu amaçla kullanılan sentetik kauçuklar çok değişik spesifik özellikler gösterdiklerinden bazen iki veya daha fazla kauçuk ürününden oluşan iki veya daha fazla katlı olan kauçuk hortum üretimi gerekmektedir. Örneğin yakıt dayanımı çok iyi olan fakat ozon dayanımı iyi olmayan NBR (Akrilonitril Bütadien) kauçuğunun (Alt Boru) üzerine ozon dayanımı çok iyi olan CSM (Klorosülfon Polietilen) kauçuğunu (Üst Boru) adapte ederek hem yakıt dayanımı iyi hem de ozon dayanımı iyi olan iki katlı ve iki komponentli bir ürün elde etmek gibi. Bu yöntemin ana etmenleri basınç ve sıcaklık olup bunu sağlayan teknoloji ko-ekstrüzyon (Eş ekstrüzyon) teknolojisi olarak adlandırılmaktadır.

Yapılan bu çalışmanın ülkemizde düşük geçirgenlikli yakıt hortumlarının üretilmesinde katkısı olmasını dilerim.

Bana bu konuda çalışma olanağı veren Sayın Yrd. Doç. Dr. Armağan ARICI 'ya (KOUMF) teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	v
TABLolar LİSTESİ.....	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. NBR (Akrilonitril Bütadien) ve CSM (Klorosülfon Polietilen) KAUÇUKLAR ve ÜRETİM METODLARI	7
2.1. NBR (Akrilonitril Bütadien).....	7
2.2. CSM (Klorosülfon Polietilen).....	8
2.3. Kauçuk Karışımı Hazırlama.....	11
2.3.1. Ham kauçuk.....	11
2.3.2. Dolgu maddeleri.....	12
2.3.2.1. Siyah dolgular.....	12
2.3.2.2. Beyaz (mineral, inert) dolgu.....	18
2.3.3. Plastifiyanlar.....	23
2.3.4. Stabilizörler.....	27
2.3.5. Kauçuk kimyasalları.....	28
2.3.6. Vulkanizasyon sistemi.....	29
2.4. Kauçuk Ürünlerin İmalatı.....	29
2.4.1. Karıştırma.....	30
2.4.2. Ön şekillendirme işlemleri.....	33
2.4.3. Şekillendirme.....	34
2.4.4. Vulkanizasyon (Pişme).....	35
2.4.4.1. Kalıplama.....	37
2.4.4.2. Devamlı vulkanizasyon.....	38
2.4.4.3. Buhar	38
2.4.4.4. Sıvı ortam	38
2.4.4.5. Mikro dalga.....	38
2.4.4.6. Hava fırınları.....	38
2.4.4.7. Otoklav vulkanizasyonu.....	39
BÖLÜM 3 3. DENEYSEL ÇALIŞMA.....	50
3.1. Üretim Teknolojisi.....	50
3.1.1. Ekstrüzyon teknolojisi.....	50
3.1.2. Eş-ekstüzyon teknolojisi.....	58

3.2. Eş-Ekstrüzyon Teknolojisi ile Üretilmiş Ürünün Malzeme Testleri.....	61
3.2.1. Kopma gerilmesi ve uzama testi.....	64
3.2.2. Sertlik testi.....	64
3.2.3. Isı yaşlanması direnci testi.....	64
3.2.4. Yağ ve yakıt dayanımı testi.....	64
3.2.5. Kalıcı deformasyon testi.....	65
3.2.6. Soğuk dayanımı testi.....	65
3.2.7. Ozon dayanımı testi.....	65
3.3. Eş-Ekstrüzyon Teknolojisi ile Üretilen Ürünün Performans Testleri.....	67
3.3.1. Sertlik testi.....	67
3.3.2. Isı yaşlanması direnci testi.....	67
3.3.3. Basınç dayanımı testi.....	67
3.3.4. Değişken basınç dayanımı testi.....	67
3.3.5. Yağ dayanımı testi.....	68
3.3.6. Ozon dayanımı testi.....	68
3.3.7. Soğuk dayanımı testi.....	68
3.3.8. Yapışma dayanımı testi.....	68
3.3.9. Bağ dayanımı (bonding) testi.....	68
4. DENEYSEL SONUÇLAR.....	71
4.1. Ekstrüzyon Teknolojisi ile Üretim Esnasında Karşılaşılan Problemler.....	71
4.2. Eş-Ekstrüzyon Teknolojisi ile Üretim Esnasında Karşılaşılan Problemler.....	72
4.3. Eş-Ekstrüzyon Teknolojisi Kullanılarak Üretilen Hortumların Malzeme Test Sonuçları.....	72
4.3.1. Kopma gerilmesi ve uzama test sonucu.....	72
4.3.2. Sertlik test sonucu.....	72
4.3.3. Isı yaşlanması direnci test sonucu.....	73
4.3.4. Yağ ve yakıt dayanımı test sonucu.....	73
4.3.5. Kalıcı deformasyon test sonucu.....	73
4.3.6. Soğuk dayanımı test sonucu.....	73
4.3.7. Ozon dayanımı test sonucu.....	73
4.4. Eş-Ekstrüzyon Teknolojisi Kullanılarak Üretilen Hortumların Performans Test Sonuçları.....	73
4.4.1. Sertlik test sonucu.....	73
4.4.2. Isı yaşlanması direnci test sonucu.....	73
4.4.3. Basınç dayanımı test sonucu.....	74
4.4.4. Değişken basınç dayanımı test sonucu.....	74
4.4.5. Yağ dayanımı test sonucu.....	74
4.4.6. Ozon dayanımı test sonucu.....	74
4.4.7. Soğuk dayanımı test sonucu.....	74
4.4.8. Yapışma dayanımı test sonucu.....	74

4.4.9. Bağ dayanımı (bonding) test sonucu.....74

SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....76

KAYNAKLAR.....77

ÖZGEÇMİŞ.....78

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Bağlanmamış polimerin gerilme şekli.....	3
Şekil 1.2. Bağlanmış polimerin gerilme şekli.....	4
Şekil 1.3. Polimerin gerilme sonucunda deformasyonu.....	4
Şekil 2.1. Dünya kauçuk tüketimi.....	10
Şekil 2.2. Cinslerine göre kauçuk tüketimi	10
Şekil 2.3. 1999 yılı verilerine göre dünyada karbon siyahı üretimi.....	18
Şekil 2.4. İki valsli hamur karıştırma makinası.....	30
Şekil 2.5. Kapalı karıştırıcı.....	32
Şekil 2.6. Açık Karıştırıcı.....	33
Şekil 2.7. Pişme zamanının vulkanize olmuş ürünlerin özelliklerine etkisi.....	45
Şekil 2.8. Pişme zamanının vulkanizasyona etkisi.....	45
Şekil 3.1. Ekstrüzyon sistemi şematik gösterimi.....	55
Şekil 3.2. Ekstrüzyon sistemi.....	57
Şekil 3.3. Eş-ekstrüzyon sistemi.....	60
Şekil 3.4. İki katlı hortum.....	61
Şekil 3.5. Mooney MV 2000E viskozimetre.....	62
Şekil 3.6. Reometre MDR 2000E.....	63
Şekil 3.7. Reograf referans eğrisi.....	64
Şekil 3.8. Sertlik testi şematik gösterimi.....	67
Şekil 3.9. Bağ dayanımı testinde kullanılan jig, yay, bilya.....	69
Şekil 3.10. Dijital manometre.....	70
Şekil 3.11. Bağ dayanımı testi, test düzeneği.....	70
Şekil 4.1. Ekstrüzyon yöntemi ile üretilmiş hortumda kat ayrışması problemi.....	71
Şekil 4.2. Eş-ekstrüzyon sisteminde kullanılan uç ve mühreler.....	72

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Ham ve vulkanize olmuş kauçukların karşılaştırılması	3
Tablo 2.1. Çeşitli karbon siyahı türleri, tane büyüklükleri ve yüzey alanları.....	16
Tablo 2.2. Karbon siyahının vulkanize olmuş parça üzerindeki etkisi.....	17
Tablo 2.3. Özel kullanımlara hangi karbon siyahının uygun olduğu tablosu.....	17
Tablo2.4. Mineral yağların genel özellikleri ve farklı tip elastomerler ile uyumluluğu.....	24
Tablo 2.5. Plastifiyanların kauçuklar içinde kullanımı.....	27
Tablo 2.6. Karışımın parçalanmaya etkisi.....	28
Tablo 2.7. Karbon siyahı özelliklerinin her bir proses üzerindeki etkisi.....	30
Tablo 2.8. Banburide karıştırma işlemi.....	31
Tablo 2.9 Tipik ters karıştırma işlemi.....	31
Tablo2.10. Genel Elastomer Özellikleri.....	49
Tablo 3.1. Malzeme Testleri.....	66
Tablo 3.2. Performans testleri.....	69

İKİ KOMPONENTLİ KAUÇUK HORTUM

Funda KISACIK

Anahtar Kelimeler: NBR, CSM, Çift Katlı Hortum

Özet: Bu çalışmada NBR ve CSM kauçuklar kullanılarak yakıtı dayanıklı iki komponentli kauçuk hortum üretimi üstünde çalışılmıştır. Bu hortumun yakıtı dayanıklı olabilmesi için alt katta NBR, ozona dayanıklı olabilmesi için üst katta CSM kauçukları kullanılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre kullanılan farklı özelliklerdeki kauçuklar nedeniyle hortum hem yakıtı hem ozona dayanıklı olup, otomobil yakıt sistemlerinde kullanıma uygun hale gelmiştir.

RUBBER HOSE WITH TWO LAYERS

Funda KISACIK

Keywords: NBR, CSM, Two Layers Rubber Hose

Abstract: In this research the ways of producing a rubber hose both resistant to fuel and ozone are examined. In order to maintain resistance to fuel NBR is used in the inner layer and CSM rubber is used to maintain resistance to ozone in the outer layer. According to the results the rubber hose is measured as both resistant to fuel and ozone and ready for use in auto fuel systems.

1.GİRİŞ

Özellikle son yıllarda petrol rezervlerindeki belirgin azalma ve bunun beraberinde getirdiği ekonomik kaygılar, akaryakıt üreticisi firmalarının alternatif yakıt üretimi çalışmalarını hızlandırmıştır. Sektörde alternatif yakıt kullanım arayışları hızla sürerken bir yandan da mevcut yakıt (dizel, benzin) kaynaklarının verimli bir şekilde ve çevreye en az zararı verecek şekilde kullanımları gündeme gelmiş ve konu artık yasalarla desteklenir hale gelmiştir.

Otomobil motorunun daha az yakıtla, daha fazla verimle ve çevreye daha az zarar vererek çalışması ana başlığı altında yakıt sistemlerinde kullanılan tüm ürünler için bir yakıt geçirgenliği gündeme gelmiş ve bu konuda çalışmalar başlatılmıştır. Örneğin Euro 2000 kararlarına göre 1 Ocak 2001 tarihi itibari ile Avrupa'da üretilen/satılan tüm araçların Euro 2000 standardına uygun olması gerekmektedir. Söz konusu standart yakıt geçirgenliği 2 gr/araç çevrimi olarak sınırlanmıştır.

Yakıt hortumları konusunda söz konusu geçirgenlik sınırının yakalanması aşağıda verilen maddelerle yapılacak iyileştirme çalışmalarıyla mümkün olabilir.

- Yüksek performans elastomerleri kullanmak
- İki komponentli kauçuk hortumlar üretmek
- Kauçuk ile beraber farklı malzemeler kullanmak
- Hortumun kimyasal özelliklerini iyileştirmek
- İki kat arasına geçirgenliği düşük malzeme monte etmek gibi)

Yüksek performanslı elastomerler kullanmak maliyeti oldukça yüksek bir yöntem olduğundan yakıt hortumu üretimi için tercih edilecek bir yöntem olmaktan uzaktır. Kauçuk ile beraber farklı malzemeler kullanmak gerek dizayn, gerekse üretim yöntemleri açısından güçlükler doğuracağından ve beraberinde yine yüksek

maliyetler getireceğinden dolayı rekabet koşulları içinde tercih edilmeyen bir yöntemdir. Hortumun kimyasal özelliklerinin iyileştirilmesi çok yüksek maliyetli bir yöntem olup, hortum üreticisi firmalar tarafından rekabet koşulları içinde tercih edilen bir yöntem değildir. Dolayısıyla iki komponentli hortum üretimi, yeni bir teknolojiyi uygulamaya koymak anlamına gelip, alınacak sonucun hedeflenen amaca tüm parametreleriyle hizmet etmesi ve maliyetinin de global anlamda rekabet edebilme şansını vermesi nedeniyle tercih edilen bir yöntemdir. Çünkü piyasalar artık daha ucuz, daha hafif, daha sağlam ve estetik görüntü olarak daha çekici görünen ürünlere talep etmektedir.

Kauçuk bazlı malzemeler kimyasal özelliklerinin yarattığı farklar sonucu birbirlerinden tamamen farklı spesifik özellikler göstermektedirler. Üretilecek olan kauçuk malzemeden istenen özelliklerin bir kısmının bir kauçuk türünde, bir kısmının da başka bir kauçuk türünde bulunmasından dolayı bu iki farklı malzemeden aynı anda yararlanmak amacıyla beraber üretilmesi gerekebilir. Bu iki malzemenin kimyasal farklılıklarına rağmen bir takım özellikleri birbirlerine uyuyorsa beraber karıştırılabilirler. Örneğin NBR kauçuğunun yağ ve yakıtta karşı dayanımı çok iyi olmasına rağmen ozon dayanımı iyi değildir. Bunun yanı sıra CSM kauçuğunun ozon dayanımı iyi fakat yakıt dayanımı NBR kadar iyi değildir. Bir yakıt hortumundan istenebilecek en önemli özellik, dış katmanının ozon dayanımı ve iç katmanının yakıt dayanımının olmasıdır. Bunu sağlamak için en iyi yöntem iç katmanda NBR ve dış katmanda CSM kauçuklarının kullanılmasıdır. Farklı özelliklerdeki bu iki karışımın aynı üründe ve istenen şartlarda üretimi Eş-Ekstrüzyon teknolojisi ile mümkündür. Eş-Ekstrüzyonda söz konusu işlem iki ayrı kauçuk malzemesini basınç ve sıcaklık vasıtasıyla birbirine yapıştırmaktır. Bu proses yöntemi hem maliyet açısından hemde elde edilen ürünün spesifik özelliklerinin çok iyi olmasından dolayı yeni gelişen ve gittikçe artan bir talep getirmektedir.

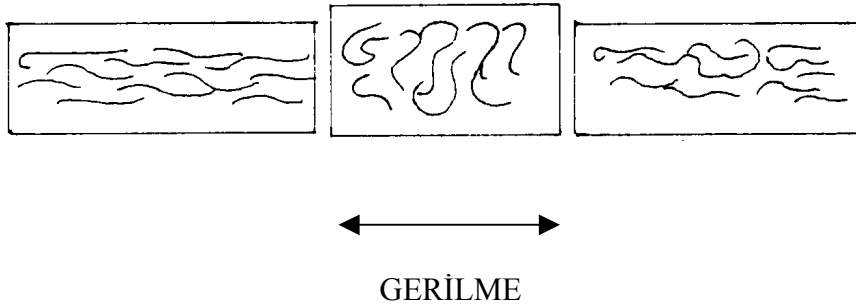
Bu çalışma ile ilgili olarak daha önce Devlet Planlama Teşkilatı'nın Sekizinci 5 yıllık Kalkınma Planı Kauçuk Ürünleri Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporunda Lastik Eşya Sanayi bölümünde kauçuklar ile ilgili bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaya göre; kauçuk ASTM tarifine göre geniş bir ısı aralığında orijinal boyunun en az iki misline uzatılabilen ve bırakıldığında orijinal boyuna çabuk dönebilen polimerik

malzemedir. Kauçuklar yüksek molekül ağırlığı, esnek zincir, gayri düzenlilik, çapraz bağ imkanı, normal kauçuk makinalarında işlenebilme özelliği taşırlar. Zincir esnekliği azaldıkça elastisite azalır. En elastik polimerlerde yüksek hareketlilik sağlayan ikili bağlar vardır.Zincir içindeki yüksek güçlü bağlar elastik özelliği azaltır.Kauçuklarda çapraz bağlama özelliği çok önemlidir.Tablo 1.1’de ham ve vulkanize olmuş kauçukların karşılaştırılması verilmiştir.

Tablo 1.1 Ham ve Vulkanize Olmuş Kauçukların Karşılaştırılması

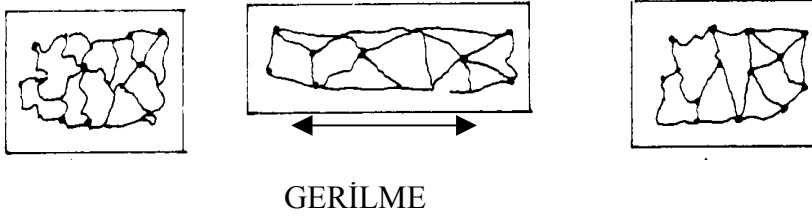
Çapraz bağlanmamış (ham)	Çapraz bağlanmış (Pişmiş, vulkanize)
Yumuşak Yapışkan Zayıf	Daha sert Yapışkan değil Kuvvetli
Düşük elastisite	Yüksek elastisite
Yüksek kalıcı deformasyon	Düşük kalıcı deformasyon
Çözünür	Çözünmez
Isıdan etkilenir	Isıdan daha az etkilenir
Termoplastik	Termoplastik değil

Bağlanmamış bir polimer gerildiğinde, bağlar birbirinden kayarak geçer, akar ve sabitleşir. Bkn. Şekil.1.1



Şekil 1.1 Bağlanmamış polimerin gerilme şekli

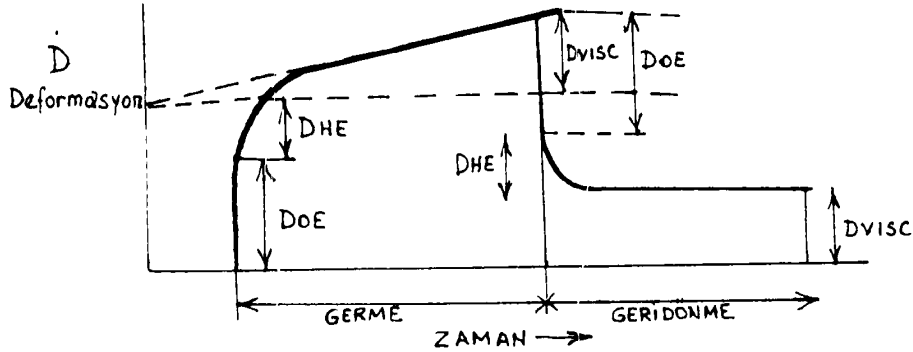
Bağlanmış bir polimer gerildiğinde, bağlar sabit kalır ve güç kaldırıldığında polimer geri döner.Bkn. şekil 1.2.



Şekil 1.2 Bağlanmış polimerin gerilme şekli

Bunun sebebi entropidir. Uzun zincirli moleküllerde zincirler nadiren tam uzanmıştır, genelde kıvrıktır. Uçlar arasındaki mesafe d , zincir boyundan kısadır. Polimer uzatıldığında veya sıkıştırıldığında d mesafesi ve sistemin entropisi azalır. Bırakıldığında da sistem orijinal şekle yaklaşır. Entropideki değişiklik, basılırken ısı üretilmesi ve geri dönüşte soğuma ile olur.

Bir polimer sisteminde elastikliğe etki eden başka faktörlerde vardır. Bir polimere germe verildiğinde; şekil 1.3'de görülen deformasyon meydana gelir.



Şekil 1.3. Polimerin gerilme sonucunda deformasyonu

DOE Bağ gerilmesi - basit elastik etkisi

DHE Yüksek elastik etkisi, uçlar arası mesafenin değişmesinden

DVISC Viskoz etkisi, akışkanlıktan

DOE Kısa bir an için

DHE Zamana bağlı, polimerin yapısına ve ısısına göre değişir.

DVISC Geri dönüş yoktur.

$$\text{ve } D \text{ TOPLAM} = \text{DOE} + \text{DHE} + \text{DVISC}$$

Bir fiberde esas kısım DOE dir, zincirler sıkı kristalik şekilde bağıdır. Zincirde ve mesafede değişme olmaz. Termoset bir plastik benzer davranış gösterir. Çünkü, bunda da yüksek çapraz bağ sebebi ile zincir uçları mesafesi değişmez.

Termoplastik farklıdır, esnek, yumuşatılmış PVC oda ısısında yüksek DHE verir. Sert plastik, polistiren yapısının zincir hareketine direnişinden dolayı düşük DHE verir. Her iki şekilde de ısı yükselince DVISC daha önem kazanır ve polimer akar.

Bir kauçukta ana kısım DHE dir ve bu zamana ve ısıya bağıdır. Polimerlerde zincir parçaların dönmesi ile hareket eder. Bu parça dönmesi sterik yapı ile sınırlıdır ki bu zincir arası polar grupların etkisi ile oluşur. Isı yükseldiğinde, polimer genişler, daha fazla dönme termik enerjisi ve yeri oluşur. Isı bağımlılığına ek olarak, bu parça dönmesi hız bağımlıdır. Parça dönme zamanına rahatlama (relaksasyon) zamanı da denir. Eğer germe hızı deformasyon zamanının relaksasyon zamanından fazla olduğu durumda, parçalar dönme imkanı bulduğundan polimer deforme olacaktır (-DHE)

Kauçuklar hiç bir zaman yalnız olarak kullanılmazlar. Bir kauçuk karışımı (hamuru) genellikle ağırlıkça %50 oranında kauçuk içerir. Bir karışımın tipik içeriği (kısım olarak) aşağıda verilmektedir:

Ham Kauçuk	100
Dolgu Maddeleri	20 - 100
Plastifiyanlar	0 - 30
Stabilizörler	0 - 10
Yağlayıcılar	0 - 5
Vulkanizasyon Sistemi	6 - 10

Bunlar içerisinde en önemlisi vulkanizasyon (pişirme) sistemidir ve kauçuğu çapraz bağlamak için gereklidir. Dolgu maddeleri, ya karışımı takviye etmek ya da ucuzlatıcı olarak kullanılır. Plastifiyanlar, hamura işleme esnasında yumuşaklık vermek ve daha sonra da istenilen esnekliği ve düşük sıcaklık esnekliğini

kazandırmak için gereklidir. Stabilizörler, gerek işleme esnasında gerekse parçanın kullanımında karışımı bozulmaktan korurlar.

Diğer katkı maddeleri (yağlayıcılar, şişiriciler, yapışkanlaştırıcılar, manyetik dolgular v.s.) ihtiyaç olduğunda ilave edilebilirler.

Bu çalışma ile Toyota firmasının Japonyada ürettirip ithal ettikleri yakıt buharı hortumlarının Türkiye’de üretilmesini sağlamak ve ülke ekonomisine katkıda bulunmak hedeflenmiştir.

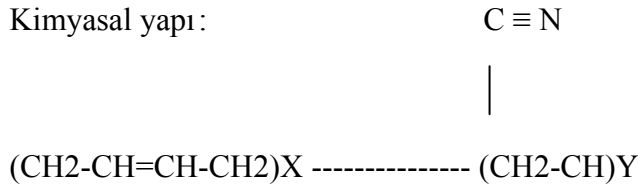
Daha önce bu tür hortumlar mevcut ekstrüzyon yöntemi ile üretiliyor olup sadece hortum içinden geçen akışkana yani yakıtı dayanıklı malzeme kullanılabiliyordu. Ancak yakıtı dayanıklı malzeme ozona dayanıklı olmadığı için hortum ömrü kısa olduğundan araç üreticisi firmalar bu tip hortumları yurtdışından tedarik ediyorlardı. Eş-ekstrüzyon teknolojisi ile kauçuk yakıt buharı hortumu üretilerek şu an Toyota’nın Verso modelinde kullanılan yakıt buharı hortumları ülkemizde de üretilmeye başlanmıştır.

2. NBR (Akrilonitril Bütadien) ve CSM (Klorosülfon Polietilen) KAÜÇUKLAR ve ÜRETİM METODLARI

İki komponentli kauçuk hortum üretiminde kullanılan NBR ve CSM kuçukları ve bu kauçukların hazırlanması ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

2.1 NBR (Akrilonitril Bütadien)

Genel tanımı : NBR



Bütadien : Akrilonitril (18%-50%)

Üretici firmalar : Bayer, Zeon, Enichem

Ticari isimler : Kraynac 4550, Perbunan NT 3945, Nipol DN200W45, N33C45, Europrene N 4560, Europrene N 3945

Genel özellikleri :

- ✓ Yağ ve yakıt dayanımı iyidir
- ✓ Geçirgenliği düşüktür
- ✓ Fiziksel özellikleri iyidir
- ✓ Isı dayanımı iyidir
- o Düşük sıcaklık özellikleri iyi değildir.
- o Elektrik izolasyon özelliği kötüdür
- o Esneme özelliği zayıftır
- o Ozon direnci zayıftır

Yukarıdaki genel NBR elastomer özellikleri, kauçuk bünyesindeki ACN (akrilonitril) oranına göre değişkenlik gösterebilir.Şöyleki;

ACN oranı arttıkça,

Yağ direnci özellikleri	artar
Yakıt direnci özellikleri	artar
Isı dayanımı özellikleri	artar
Soğuk dayanım özellikleri	azalır
Kalıcı deformasyon özelliği	azalır

NBR kauçuğu aşağıdaki kauçuk tipleri ile de karıştırılarak bazı özellikleri iyileştirilebilir.

NBR-SBR: Düşük sıcaklık esnekliği iyileşir fakat şişme artar.

NBR-CR: Ozon dayanımı iyileşir.

NBR-PVC:Ozon direnci,kopma mukavemeti ve kıs men yakıt şişmesi iyileşir fakat düşük sıcaklık esnekliği ile kalıcı deformasyon kötüleşir.

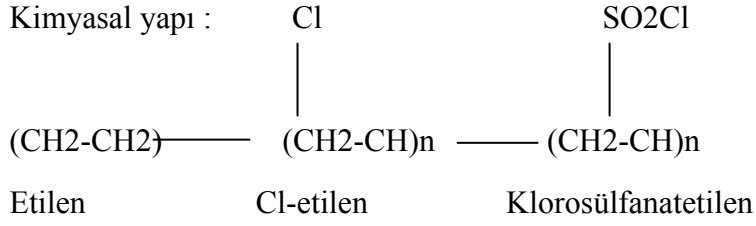
NBR kauçukları hidrojenerasyon (hidrojen ilavesi) işlemi ile HNBR kauçuğunu oluştururlar.Bu yeni formasyon (HNBR) ile NBR kauçuğundaki zayıf ozon dayanımı artırılır ve daha yüksek sıcaklıkda (150°C) ısı dayanım özellikleri elde edilir.

Kullanım alanları :

- Yağ ve yakıt dayanımı istenen çeşitli conta, keçe, o-ring ve hortum uygulamalarında
- Hidrolik ve pnömatik uygulamalar için gerekli yüksek basınç hortumlarında
- Konveyör kayış imalatında
- Ayakkabı tabanı üretiminde

2.2 CSM (Klorosülfon Polietilen)

Genel tanımı : CSM



Üretici firmalar : Dow-Dupont

Ticari isimler : Hypalon 40, Hypalon 48, Hypalon 4085

Genel özellikleri :

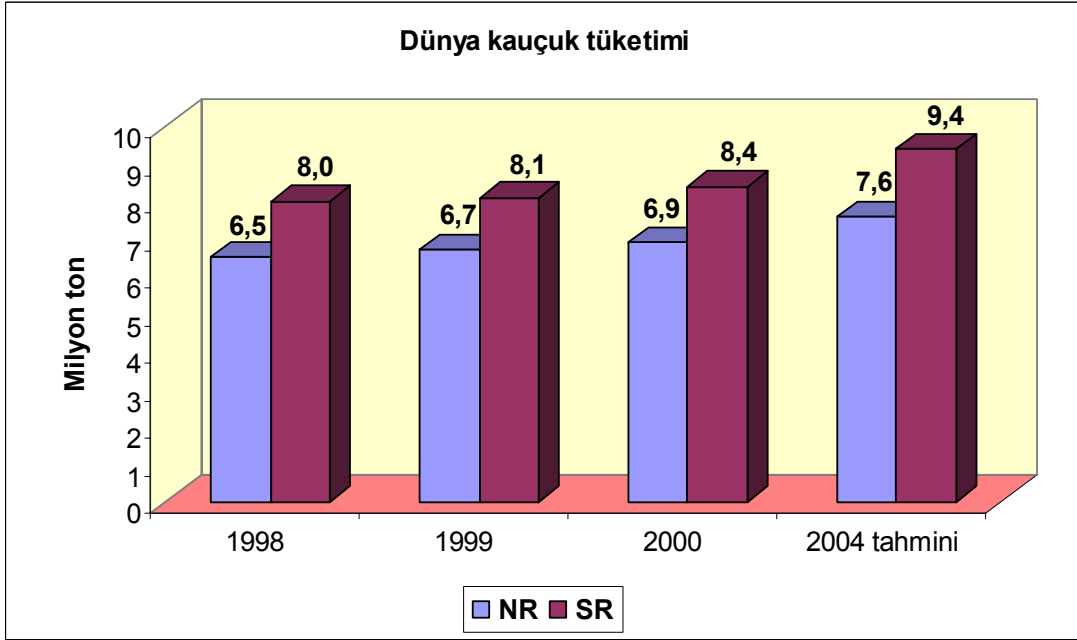
- ✓ İyi ozon ve hava dayanımı
- ✓ Yağlara ve kimyasallara karşı iyi dayanım
- ✓ İyi aşınma mukavemeti
- ✓ Yanmaya karşı direnç özelliği iyidir
 - o Düşük sıcaklık dayanımları iyi değildir
 - o Yakıtlara karşı direnç özellikleri iyi değildir
 - o Maliyetleri nispeten yüksektir.

CSM kauçuğunun özellikleri de, CM gibi bünyesindeki Cl miktarına göre değişkenlikler gösterebilir. %25 ile %43 arasında değişen oranlarda Cl, %0,8 ile %1,5 oranında da S ihtiva eden tipleri bulunur. Cl içeriğinin artması şişme (genleşme) özelliklerini iyileştirmekle birlikte ısı dayanımı özelliklerini kötü yönde etkiler.

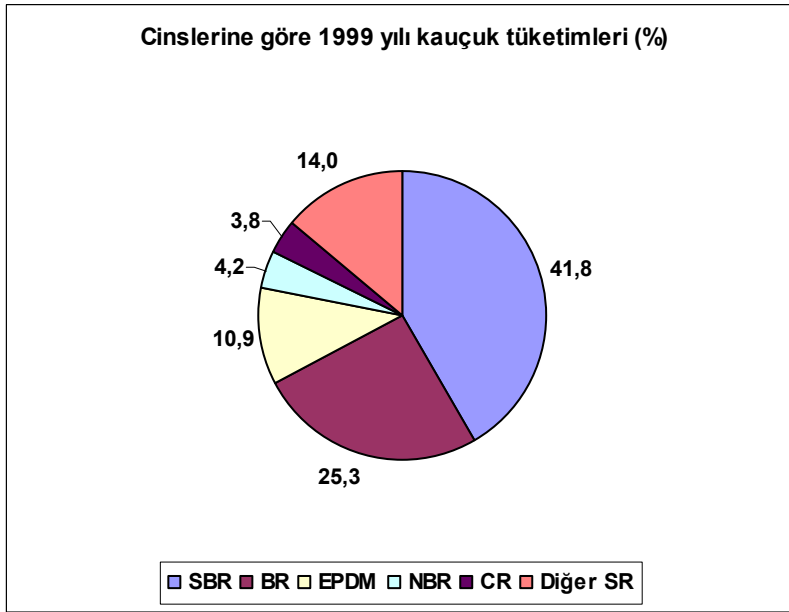
Kullanım alanları :

- Kablo sanayinde
- Cam profillerinde
- Otomotiv sanayinde (power steering ve oil cooler hortumları)
- Endüstriyel hidrolik hortum üretiminde
- Merdane ve silindir kaplama işlemlerinde

Yukarıda açıklanan kauçuk türleri sanayide pek çok alanda kullanılmakta olup gün geçtikçe daha fazla kullanım alanı bulmaktadır. Şekil 2.1’de dünyadaki kauçuk tüketimi verilmiştir. Şekil 2.2’de ise cinslerine göre kauçuk tüketimi gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Dünya Kauçuk Tüketimi



Şekil 2.2 Cinslerine göre kauçuk tüketimi

2.3.Kauçuk Karışımı Hazırlama

Kauçuklar hiç bir zaman yalnız olarak kullanılmazlar. Bir kauçuk karışımı (hamuru) genellikle ağırlıkça %50 oranında kauçuk içerir. Bir karışımın tipik içeriği (kısım olarak) aşağıda verilmektedir:

Ham Kauçuk	100
Dolgu Maddeleri	20 - 100
Plastifiyanlar	0 - 30
Stabilizörler	0 - 10
Kauçuk Kimyasalları	0 - 5
Vulkanizasyon Sistemi	6 - 10

2.3.1 Ham kauçuk

Kauçuk, hidrokarbonlar olarak bilinen kimyasal maddeler ailesinin bir üyesidir. Kauçuğun temel yapıtaşı 5 karbon ve 8 hidrojen atomunun belirli bir şekilde dizilmiş biçimidir. Fakat bu yapı yalnızca kauçuğa özgü değildir. Kauçukta 5000 izoprem birimi olup, uç uca eklenecek kauçuk molekülünü meydana getirir. Bazen kauçuğa poliizaprem ismi de atfedilir. Ticari ham kauçuk, saf izoprem olmayıp %95 kauçuk hidrokarbonlarından %5'de imalat için gerekli muhtelif proses bileşenlerinden oluşmaktadır. Kauçuğa molekülünde 5000 izoprem birimini ihtiva eden polimer de denilebilir. Doğal ürünlerden yün, odun, pamuk ve deri ile insan eliyle üretilen rayon naylon, terilen ve plastik birer polimerdir.

Kauçuk elastikiyeti kauçuğun en belirgin özelliğinden biri olup, bir çok ticari uygulamalarda dikkate alınan esas kriterdir. Elastikiyet, en basit tanımıyla şeklini değiştiren etkinin ortadan kalkması halinde materyalin tekrar eski halini alabilme kabiliyetidir. Doğal kauçuğun 60° ile 100°C arasında kullanımı ve esneklik özellik gerektiren ürünlerde kullanılması tavsiye edilmektedir.

Doğal kauçuk kauçukağacının kabuğundan akan sütümsü öz sudan (lateks) elde edilir. Bu ağacın en iyi yetiştirildiği bölgeler ekvatorun çevresidir. Doğal kauçuk yetiştiren başlıca ülkeler; Brezilya, Nijerya, Liberya, Zaire, Güney Hindistan, Sri

Lanka, Malezya, Endonezya, Tayland ve Filipinler'dir. Doğal kauçuk üretimi plantasyonların (büyük çiftlikler) yanı sıra küçük çiftliklerde gerçekleşmektedir. Yapay kauçuk ise, çoğu ülkede petrol arıtma sistemlerinin yakınlarında kurulan fabrikalarda üretilir. 100'ün üzerinde değişik yapay kauçuk türü vardır; ama bunlarda yalnızca üç türü büyük miktarda üretilir. Kauçuk esnek bir maddedir; gerildiğinde kendinin birkaç katı kadar uzatılabilir yada sıkıştırıldığında biçimi değiştirilebilir, ama serbest bırakıldığı zaman gene başlangıçtaki biçim ve boyutlarını alır. Kauçukağacının Yetiştirilmesi Doğada pek çok bitki kauçuk laktesi üretirse de bunların için de en önemlisi en katışıksız ürünü veren kauçuk ağacıdır. (Gazi Üniversitesi, Kauçuk (online), <http://www.obitet.gazi.edu.tr> (Ziyaret tarihi:10Eylül 2005))

2.3.2 Dolgu maddeleri

Dolgu maddeleri kuvvetlendirici, yarı kuvvetlendirici ve salt dolgu maddeleri olarak sınıflandırılabilirler. Prosesi kolaylaştırmak konusundaki fonksiyonları da oldukça önemlidir. Dolgu maddesinin takviye etkisi, esas olarak dolgunun parça büyüklüğü ile alakalıdır. Parça büyüklüğü az olan dolgu ile daha fazla takviye sağlanır.

Dolgu maddesi polimeri, gerilim-kristalizasyon polimerindeki kristalit gibi takviye eder. Parçalar tatbik edilen gerilimin tüm çapraz bağ ağının (üç boyutlu ağsal yapının) üzerinde dağıtılmasına yardım eder.

Kauçuk için kullanılan dolgular genellikle iki kategoriye ayrılır. Siyah ve siyah olmayan dolgular. Ancak siyah dolgular daha önemlidir.

2.3.2.1 Siyah dolgular

Hamur karışımında karbon siyahı ve kauçuğun karıştırılmasının esas amacı, siyah parçalar ve polimer molekülleri arasında bağ yapmak, böylelikle vulkanize edilmiş son ürünü kuvvetlendirmek veya takviye etmektir.

Bugün çok değişik özelliklerde, pek çok sayıda karbon siyahı çeşidi mevcuttur. Karbon siyahları çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir. Buna rağmen, özel uygulamalar için karbon siyahı seçiminde genellikle ürünün üç özelliği dikkate alınır. Bunlar; parça büyüklüğü, yapı ve yüzey aktivitesidir. Karbon siyahı çeşitli yöntemlere göre sınıflandırılır. Karbon siyahı hidrokarbonların kontrollü yakılması yada ısıl bozunması ile elde edilen çok ufak boyutlu karbon tanecikleridir.

Karbon siyahı türleri;

- Fırın siyahları
- Lamba siyahları
- Isıl siyahlar
- Diğer siyahlar (baca siyahı,kanal siyahı,asetilen siyahı v.b.)

Karbon siyahı üretimi temel hammaddeleri

- Aromatik hidrokarbonlar
- Atık,ağır,hafif petrol yağları
- Metan gazı

Karbon siyahı üretim metodları:

Fırın siyahı : Ön ısıtmadan geçirilen hidrokarbonun,kısıtlı oksijen içeren fırında 1200-1600 °C da yakılması, filtre edilmesi ve siklon ayırıcılardan geçirilip uçucu gazlardan ayrıldıktan sonra kurutulması ile elde edilirler.

Hava/hidrokarbon oranı, sıcaklık, zaman, fırın tipi ve içindeki akım gibi değişkenlerin dikkatli bir çalışma altında kontrol, ile çeşitli tipte fırın siyahlarının üretimi yapılır. Önemli fırın siyahları aşığıda gösterilmiştir.

- SAF - Süper Aşınma Fırın Siyahı
- ISAF - Orta Süper Aşınma Fırın Siyahı
- HAF - Yüksek Aşınma Fırın Siyahı
- HMF - Yüksek Modül Fırın Siyah
- FEF - Hızlı Ekstrüzyon Fırın Siyahı
- SRF - Yarı-takviye Fırın Siyahı

- GPF - Genel Maksat Fırın Siyahı
- CF - İletken Fırın Siyahı
- FF - İnce Fırın Siyahı

Lamba siyahı : Naftalin,antrasen gibi aromatik kökenli hidrokarbonların açık kaplarda kısıtlı oksijen ortamında yüzeyden yakılması ile elde edilir.

Isıl siyahlar : Hidrokarbonların ısı altında bozunması ile elde edilirler.

Isı siyahları gaz halindeki hidrokarbonların ısısal bozunmaları ile üretilirler. Proses, yanma odasının uygun sıcaklığa ısıtılması ile ve hidrokarbon gazın karbon ve hidrojene parçalanması ile olur. Isı siyahlarının iki önemli çeşidi vardır.

MT- Orta Isı Siyahı

FT - İnce Isı Siyahı

Baca siyahı : Doğal gazın demirden yapılmış plakalar içinde katkılı veya katkısız olarak kısmen yakılması ile elde edilir.

Asetilen siyahı : Isıl siyah türünün benzeri olup, elektrik yükü boşalması sonucu patlama ile bozunma veya egzotermik bozunma (800-1000 °C) ile elde edilir.

Fırın siyahları genelde kauçuk endüstrisinde kullanılmaktadır. Baca siyahları, içerdikleri O₂ (%2,5-11) nedeni ile suda daha iyi bir dağılım sağladıkları için matbaa mürekkebi üretiminde kullanılmaktadır. Isıl siyahlar, büyük tanecikli karbon siyahı gereksinimi için kullanılmaktadırlar. Lamba siyahı ise,yağsı yapı ve yapışkan özelliği nedeni ile tercih edilmektedirler.

Karbon siyahını karakterize eden başlıca iki kavram mevcuttur.

Karbon siyahının yapısı: Yüzey alanı belirlemede de kullanılan DBP absorpsiyonu (ml100g) ölçümüne göre düşük ve yüksek yapı olarak ikiye ayrılır.Düşük yapıya sahip karbon siyahları,yüksek yırtılma ve kopma dayanımı,iyi dinamik özellikler verirler.Yüksek yapıya sahip karbon siyahları ise, karışımda iyi dispersiyon kalitesi,

yüksek karışım viskozitesi, düşük kalıp şişmesi ile birlikte iyi bir yüzey kalitesi, yüksek modül,yüksek sertlik özellikleri gösterirler.

Karbon siyahının yüzey alanı tanecik büyüklüğü,dağılımı ve gözenekliliğinin bir fonksiyonudur. Her birim ağırlık için,yüzey alanı büyüdükçe, tane büyüklüğü küçüldüğünden, karbon siyahının takviye etkisi artar. Yüzey alanı tayininde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. En pratik yöntem,BET (Brunaue,Emmett,Teller) metodu diye bilinen, düşük sıcaklıklarda azot gazı absorblama esasına dayanan ve azot içerisinde m^2/g olarak dolgunun yüzey alanını ifade eden yöntemdir.Bunun dışında havasız ortamda karbon siyahının kurutulması esasına dayanan “İyod absorpsiyonu, m^2/g ”metodu ile, dibütil ftalat yağ absorpsiyonu (DBP-ml/100 g) metodu da diğer ölçüm yöntemleridir

Parça Büyüklüğü: Fırın siyahlarının parça büyüklükleri 20 milimikrondan 90 milimikrona kadar değişir. Kanal siyahlarının tane büyüklükleri ise genelde SAF ve HAF ile aynıdır.

Karbon siyahının yapısı:

Karbon siyahının yapısı, karbon siyahı taneciğindeki etkisiz hacmin oranı olarak tarif edilebilir. Yapı relatif bir değerdir, yüksek yapı, yüksek etkisiz hacim oranına denk gelir. Yapı, yağ absorpsiyonu testi ile (her gram karbon siyahı tarafından absorbe edilen cm^3 yağ olarak) belirlenebilir ve yüksek, normal veya düşük olarak açıklanır. Çeşitli karbon siyahların bu üç sınıfa göre ayrımı aşağıda gösterilmiştir.

Yüksek yapı : CF, FEF, GPF, ISAF

Normal yapı : SAF, ISAF, HAF, HMF, SRF

Düşük Yapı : SAF, ISAF, HAF, SRF, CC, MPC, EPC, FT, MT

Karbon Siyahının Yüzey Aktivitesi:

Yüzey aktivitesi, karbon siyahı yüzeyindeki oksijen ihtiva eden grupların miktarı ile ilgilidir. Üç tip karbon siyahından sadece kanal siyahı prosesinde, fark edilir miktarda yüzey oksijeni ve bu nedenle de yüksek yüzey aktivitesi vardır. Fırın ve Isı Karbon Siyahları önemsiz derecede yüzey oksijeni nedeniyle normal yüzey aktivitesine sahiptir.

Karbon siyahında yapı artışı,

- Mooney viskoziteyi artırır
- Ekstrüzyonda yüzey düzgünlüğü sağlar
- % uzama değeri artırır
- Sertliği artırır
- Modülü artırır
- Tane büyüklüğü azalışı (Yüzey alanının artması),
- Kopma mukavemetini artırır
- % uzama değerini düşürür
- Sertliği artırır
- Yırtılma ve aşınma mukavemetini artırır

Tablo 2.1 'de Çeşitli karbon siyahı türleri, tane büyüklükleri ve yüzey alanları gösterilmiştir.

Tablo 2.1 Çeşitli karbon siyahı türleri, tane büyüklükleri ve yüzey alanları

<u>ASTM no</u>	<u>Cinsi</u>	<u>Tane büyüklüğü(nm)</u>	<u>Yüzey alanı(m²/g)</u>
N110	SAF	11 – 17	125 - 150
N220	ISAF	20 – 25	110 - 140
N330	HAF	26 – 30	70 - 90
N550	FEF	40 – 48	36 - 52
N660	GPF	49 – 60	26 - 42
N762	SRF	61 – 100	17 - 33
N990	MT	201 – 500	6 – 9

Karbon siyahının kauçuk işleme ve vulkanizasyon özellikleri üzerinde etkisi:

Yukarıda proses karakteristiklerinde belirtildiği gibi, belirli bir karbon siyahının, vulkanize olmuş parça üzerindeki etkisi genel hükümlere göre tablo 2.2'de gösterilmiştir.

Tablo.2.2 Karbon siyahının, vulkanize olmuş parça üzerindeki etkisi

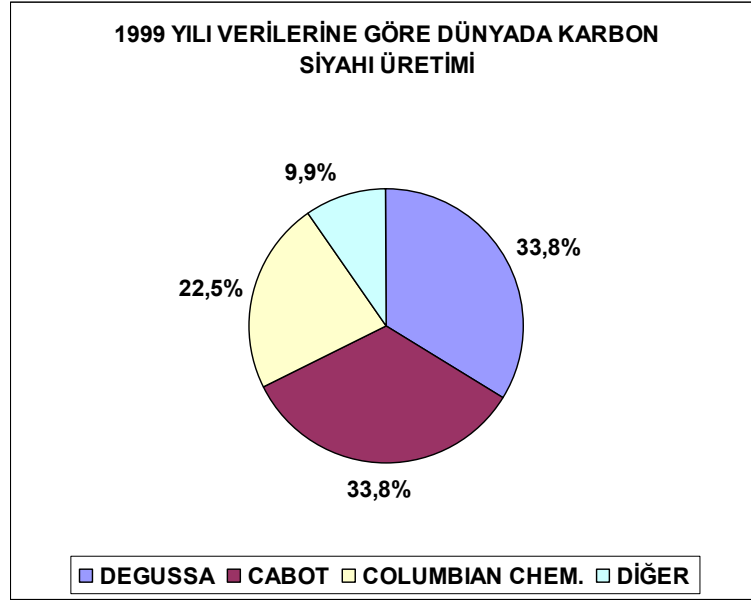
Özellik Aktivitesi	Parça Boyu	Yapı	Yüzey
Kuvvetlendirme	Küçük	-	Yüksek
Yüksek Gerilim Değeri	Küçük	Yüksek	-
Aşınma dayanımı	Küçük	-	Yüksek
Yırtılma dayanımı	Küçük	Normal	Normal, Yüksek

Genel olarak özel kullanımlara hangi karbon siyahının uygun olduğu tablo 2.3’de gösterilmiştir.

Tablo 2.3. Özel kullanımlara hangi karbon siyahının uygun olduğu tablosu

Son Kullanım Uygulaması	Karbon Siyahı	Elde Etmek İstenilen Özellik
Dış lastik tabanı	SAF, ISAF	Aşınma Dayanımı
Lastik karkası ve iç kaplama	HAF, MT	Yüksek Gerilim, Dinamik Sağlamlık
Makine ve motor takozu	HAF, MPC, MT	Yüksek Kopma Kuvveti, Yorulma Dayanımı,
İç Lastik	SRF, FEF, BPC, GPF	Sağlamlık, İşlenebilme
Mekanik parçalar - Kayış	FEF, SRF MT, MPC, HAF	Yüksek Kopma Kuvveti, İşlenebilme

Karbon siyahının kullanımındaki en önemli etken genellikle işlenebilme ve istenilen fiziksel özellikleri sağlama ile fiyat arasındaki uyumdur Şekil 2.3 ‘de 1999 yılı verilerine göre dünyada karbon siyahı üretimi gösterilmiştir.



Şekil 2.3 1999 yılı verilerine göre dünyada karbon siyahı üretimi

2.3.2.2 Beyaz (mineral, inert) dolgu

Kauçuk karışımlarında, fiziksel veya mekanik özellikleri geliştirmek ve kauçuk hamurunun maliyetini düşürmek için mineral veya siyah olmayan dolgular kullanılır. Bu özellikler karbon siyahı ile beraber karıştırılarak veya açık renkli mallar için sadece dolgu maddesinin tek başına kullanılması ile sağlanabildiği gibi, beraberce kullanılan bir kaç beyaz dolgu maddesi ile de elde edilebilir. Pek çok çeşit mineral dolgu tipi vardır ve bunlar iki ana sınıfta toplanabilirler;

- Takviye edici,
- İnert (etkisiz, ucuzlatıcı)

Tane büyüklüğü ufak olan dolgular (takviye ediciler) ile daha yüksek kopma kuvveti gerilim değer ve sertlik elde edilir. Tane büyüklüğü fazla olan mineral dolgular (inert) daha küçük değerler gösterirler ve takviyede genellikle kötü derecede yırtılma dayanımı, esneme ve aşınma dayanımına sahiptirler.

Dolgu maddesinin tipi kadar kullanılan miktar da karışımın fiziksel özelliklerini etkiler. İnce taneli hirat silika hariç, mineral dolgu maddeleri genellikle proses esnasında karbon siyahlarından çok daha az açığa çıkarlar. Mineral dolgu maddeleri daha düşük gerilim değeri ve kötü kalıcı deformasyona yol açarlar.

Mineral dolguların tipleri:

- Çinko Oksit: çinko oksit, ince taneli kalsiyum karbonat çökeltisi, kalsiyum silikat, ince silikatlar kullanılmaya başlanmasından önce kauçuk endüstrisinde önemli bir rol oynardı. Yüksek spesifik gravitesi (5,60) nedeniyle çinko oksit kullanımı pahalı bir pigmenttir. Bununla birlikte yüksek esneklik verebilmesi, ısı dayanıklılığı ve yüksek ısı iletkenliği sağlamaktadır. Yüksek ısı iletkenliği ve yüksek esneme kabiliyeti dolayısıyla bitmiş parçanın ısı üretmesi daha az olur. Bugün çinko oksit, organik hızlandırıcıların aktivasyonunda kullanılan temel mineral dolgu olarak kauçuk endüstrisinde önemli miktarda kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra neopren, tiokol ve bütül kauçuklarının vulkanizasyonunda hızlandırıcı olarak da kullanılmaktadır.

- Kalsiyum karbonat (Tebeşir): Tebeşir, siyah olmayan dolgu maddelerinin en çok kullanılanlarından biridir. Popüler olmasının nedeni, küçük derecede sertlik, uzama veya esneme kaybına karşılık, çok büyük miktarda dolgu olarak kullanılarak karışımı ucuzlatmasıdır. Bu da vulkanize kauçuk parçada sağlamlığa fazla engel olmaksızın maliyetin düşmesi neticesini ortaya çıkartmaktadır. Tebeşir ile yapılan karışımlar yumuşak olur ve daha düşük gerilim değerine sahiptirler. Yırtılma dayanımı orta veya kötü, aşınma dayanımı ise kötüdür. Tebeşir kalsiyum karbonattır. Ancak bu terim, kauçuk hamurundaki diğer malzeme gruplarının hemen hepsinde olduğu gibi geniş özellikleri (çeşitlilikleri) olan bir malzeme grubunu kapsar. 30 mikron veya daha fazla tane büyüklüğüne sahip olan kalker taşı da, 0,04 mikron tane büyüklüğüne sahip olan ultra incelikteki kimyasal çökeltilmiş beyaz dolgu maddesi de kalsiyum karbonattır.

Açıkça görüldüğü gibi parça büyüklükleri bu kadar değişik olan maddelerin özellikleri de birbirinden farklı olacaktır. Kalker taşı ya kuru madeni madde olarak veya daha iyi kalitede ve ıslak öğütülmeyle yapılmış pigment olarak vardır. Kuru yer kalker beyazı en ucuz dolgu maddelerinden biri hatta belki en ucuzudur. Daha ziyade kuru kalker taşı diğer pigmentlere nazaran kauçuk karışımına daha fazla yüklenebildiğinden paspaslar ve diğer ucuz kalıplama ile yapılan işlerde büyük miktarlarda kullanılır. Islak öğütülmüş kalkertaşı hem daha standart yapıda, hem de daha ufak tane büyüklüğündedirler. Ancak takviye edici özellikleri zayıftır, fakat yine de kuru kalker taşından biraz daha iyidirler.

Bütün çökelti karbonatları, bir çok beyaz dolguda olduğu gibi kalkerden elde edilir. Fakat büyük kristalleri mekanik taşlama ile parçalamak yerine burada yapılan işlem kimyasaldır. Karbonat ilk olarak başka bir kalsiyum bileşiğine dönüştürülür ve bu da daha sonra parça büyüklüğünün kontrolüne izin veren şartlar altında yapılan bir üretimle tekrar karbonata dönüştürülür.

Kalsiyum karbonat nasıl yapılmış olursa olsun, karışıma kolaylıkla karışır ve pişmemiş karışım bir yumuşaklık verir. Karbonatların kauçuk içinde örtme gücü azdır ve bu yüzden beyazlatıcı (örtücü) madde olarak kullanılamazlar. Ancak beyaz (açık renkli) karışımlarda bazen diğer pigmentlerle beraber 100-200 kısma kadar kullanıldıklarından renkleri de önemlidir. Absorbe edici değildir, kaolinden farklı olarak genellikle karışımın pişme özelliklerine az etki yaparlar.

Kalsiyum karbonat çok az yırtılma dayanımı verir. Bu nedenle bitmiş halde yumuşak olması istenen parçalarda kullanılırlar. Beyaz dolgulu karışımların pişmemiş durumda yumuşak olması ve iyi şişmesi nedeniyle, beyaz dolgular sünger hamurlarında geniş bir şekilde kullanılırlar.

- Kaolin: Kaolin ve beyaz olmayan tebeşir kauçuk pigmentlerinin en çok kullanılanlarıdır. Kil de tebeşir gibi düşük maliyetli bir dolgudur. Fakat tebeşirden farklı olarak karışımın gerilim değeri üzerinde belirgin bir sağlamlık etkisine sahiptir. Ayrıca sertlik ve birazda iyi derecede aşınma dayanımı verir. Kaolinin kopma dayanımı üzerindeki etkisi tebeşirden daha azdır, hatta tebeşirli karışımlara kaolin ilave edildiğinde kopma dayanımında ve gerilim değerinde artış görülmektedir. Kauçuk kaolinlerinin prensip olarak, düz plakacıklardan meydana gelmiş olması, gerilim değeri ve sertlik üzerindeki etkisini izah eder. Kaolinlerin gerilim değeri üzerindeki etkileri çeşitlidir. Bu nedenle de en fazla sağlamlık verenlere sert kaolin, daha az sağlamlık verenlere ise yumuşak kaolin denir. Sert kaolinler genelde belirli bir yüzde oranında 0.1 - 1.0 mikron arasında tanecikleri içerirler, ayrıca oldukça fazla miktarda 2-5 mikronluk tanecikleri de içerirler. Sert kaolin pişmiş veya pişmemiş düşük maliyette sağlamlık isteyen parçalarda kullanılacak iyi bir dolgudur. Bu nedenle ayakkabı ökçesinde, tabanda, mekanik parçalarda ve kablolarda kullanılır. Sert kaolin ekstrüzyon hamurlarında pişme ve çekme anında çökmeyi önleyici olarak faydalıdır. Takviye değeri ve

aşınma dayanımı daha düşük olan yumuşak kaolin daha az ağırlık isteyen işlerde kullanılır. Her iki tip kaolinde asit dayanımına sahip olduğundan tank kaplama karışımlarında sıklıkla kullanılırlar. Kaolinin dolgu oranı çok fazladır. Hortum, boru, paspas, ökçe ve taban işlerinde 200-300 kısma kadar, izolasyonda ise 50-150 kısma kadar kullanılabilirler.

Kaolinleri kauçuk ve kuru mamul karışımlarla karıştırmak güç değildir. Pişmeyi geciktirmeye eğilimlidirler. Çünkü bazı hızlandırıcıları absorbe ederler ve genellikle asit pH'sına sahiptirler. Bu eğitim karışımında az miktarda trietanolamin veya dietilen glikol kullanılmasıyla giderilebilir. Sert kaolinin kullanılmasında sık sık ortaya çıkan problem, yüksek yüzey yapışkanlığının artması ve mitle yapışma nedeniyle düzgün çekilememesi ve zor işlenebilmesidir. Bu durum kısmen veya tamamen kaolinin diğer mineral dolgularla değiştirilmesiyle ayarlanabilir.

- Hidrate sodyum alumina silikat: Zeolex kaolinde yapılır ve bazen de rejenere edilmiş kaolin diye adlandırılır. Fakat killeriyle aynı sınıfa sokulamaz çünkü, daha ince tanelidir ve daha iyi takviye özelliklerine sahiptir. Zeolex kalsiyum silikat gibi yüksek özellikler verir, fakat ona nazaran karışım kolaylığı nedeniyle çok daha fazla tercih edilir. Takviye özellikleri, yırtılma dayanımı ve esneklik dayanımı hidrate silikalara çok yakındır. Fakat bu bakımdan silika sınıfına yaklaşamaz.

- Hidrate silika: Siyah olmayan takviye pigmentlerinin en iyisi, karbon siyahı özelliklerine en yaklaşımdır. Mevcut takviye silikalarının parça büyüklükleri karbon siyahı kadar incedir ve aynı zamanda aşırı derecede aktif yüzeye sahiptir. Hidrate Silika (HS), siyah olmayan yüksek kaliteli kauçuk hamuru üretimi problemine cevap bulmaktadır. Kaolinler ve tebeşirler tatminkar bir yırtılma dayanımı vermezler. HS'in kullanılmasıyla mükemmel fiziksel özelliklerde kolay işlenebilen karışımlar yapılabilir.

Silika dolgulu bütül kauçukta mükemmel pişme, iki kısım metil tuads veya bir kısım Tellurak ile bir kısım Zenite'nin kombinasyonu ile sağlanabilir.

- Talk: Talk terimi (magnezyum silikat), düzlemsel talk gibi tek yapı tipini temsil eden ticari dolgu olarak veya diğer üç temel tipin (lifsel, iğnesel ve taneli) herhangi bir kombinasyonu için genel bir referans olarak kullanılır. Sonuncuların kauçuk

hamurunda takviye değeri azdır ve fazla miktarlarda etkisiz dolgu maddesi olarak, sertliği aşırı derecede arttırmaksızın kullanılır. Bununla birlikte düzlemsel talk yüksek fiziksel kuvvet ve iyi elektrik özellikleri ile düşük nem absorpsiyonu veren bir dolgudur. Düzlemsel talk ihtiva eden vulkanize kopma ve gerilim değeri özellikleri kalsine kaolinin üzerindedir.

- Beyaz pigmentler ve boyalar: En çok kullanılan beyaz pigment titan dioksittir. Titan dioksit herhangi bir beyaz pigmente göre en yüksek kırılma indeksine ve bugüne kadar geliştirilmiş diğer pigmentlere göre yüksek örtme, kimyasal inertlik ve ışık dayanıklılığına sahiptir. Beyazlardan başka kauçukta kullanılan iki tip renklendirme pigmenti vardı. Anorganik mineral pigmentler ki nispeten ucuzdurlar ve genellikle donuk renkler verirler ve organik boyalar, ki çok daha pahalıdırlar fakat parlak renk istenen ürünlerde mutlaka kullanılmalıdırlar. Karbon siyahlarına nazaran daha büyük tane boyutuna (daha küçük yüzey alanı) sahip, bu nedenle takviye edici özellikleri düşük dolgu malzemeleridir. (Silika bazlı olanların yırtılma dayanımı başta olmak üzere bazı fiziksel özelliklere katkısı vardır.) Düşük maliyetli olduklarından genellikle karışım maliyetini düşürme amaçlı olarak kullanılırlar.

-Silikalar: Genel olarak diğer inert dolgulardan farklı olarak, karışımda yırtılma, aşınma, yaşlanma ve elektriki özelliklerin iyileşmesine katkı yaparlar.

-Precipitated (çöktürülmüş) silikalar: Sodyum silikatın asit veya alkali metal tuzları ile çökme prosesinin kontrolü ile elde edilirler. Büyük tane boyutuna sahiptirler.(20 – 80 nm)

-Fumed/Pyrogenic (öğütülmüş) silikalar : Silikon tetraklorid ile su buharı arasındaki yüksek sıcaklık reaksiyonu sonucu elde edilen, küçük tanecik büyüklüğüne sahip (7 – 15 nm) silikalardır. Çöktürülmüş silikalara oranla oldukça pahalıdırlar. (Devlet Planlama Teşkilatı, 'Kauçuk Ürünleri Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu', **DPT 2553-ÖİK-569, Ankara, 51-87, 2001**)

2.3.3 Plastifiyanlar

Kauçuk karışımlarındaki diğer bir önemli bileşen olan plastifiyanların karışım bünyesine katılma amaçları şu şekilde ifade edilebilir.

- Yüksek oranda dolgu maddesi ile birlikte kullanılarak karışım maliyetinin ucuzlatılması
- Karışım akıcılığının artırılması
- Enerji tasarrufu
- Dolgu maddelerinin dispersiyonunun kolaylaştırılması
- Karışımın elastikiyet ve uzama özellikleri ile düşük ve yüksek sıcaklık dayanımlarını artırmak

Plastifiyan tipleri;

- Mineral yağlar
- Tabii(natürel yağlar)
- Sentetik yağlar

Mineral yağlar : Genellikle non-polar elastomerlerde kullanılır.Başlıca üç tipi mevcuttur. Tablo 2. 4'de Mineral yağların genel özellikleri ve farklı tip elastomerler ile uyumluluğu gösterilmiştir.

- Aromatik
- Parafinik
- Naftanik

Tabii yağlar : Bir nevi proses kolaylaştırıcı gibi görev yaparlar.Bazı tipleri şunlardır.

- Fatty asitler
- Gres yağı
- Bitkisel yağlar

Tablo2.4 Mineral yağların genel özellikleri ve farklı tip elastomerler ile uyumluluğu

Mineral yağların genel özellikleri								
	Yoğunluk	Stoklama	Sıcaklık. / Vis. ilişkisi	Anilin noktası	Düşük sıcaklık. özel.	Renk değişimi	Peroksit ile kürlenme	
Parafinik	düşük	iyi	düşük	yüksek	iyi	iyi	iyi	
Naftanik								
Aromatik	yüksek	kötü	yüksek	düşük	kötü	kuvvetli	kötü	
Mineral yağların farklı tip elastomerler ile uyumluluğu								
	NR	SBR	BR	NBR	CR	CSM	EPDM	IIR
Parafinik	iyi	iyi	iyi	uyumsuz	uyumsuz	uyumsuz	iyi	iyi
Naftanik	iyi	iyi	iyi	orta	orta	orta	iyi	orta
Aromatik	iyi	iyi	iyi	iyi	iyi	iyi	orta	uyumsuz

Sentetik yağlar : Özel amaçlar ile için üretilen ve genelde polar kauçuklarda kullanılan yağlardır. Bazı tipleri şunlardır:

Eter plastifiyanları : 3 gruba ayrılırlar.

1.) Dibenzileter : Sentetik kauçukların proses edilebilmelerini kolaylaştırır. Fakat yüksek uçuculuk nedeni ile tercih edilmemektedir.

2.) Polieter ve polieter-thioeter : Karışıma yüksek elastikiyet ve düşük sıcaklık esnekliği verirler.

3.) Thioeter-esters : Elastikiyet ve düşük sıcaklık özelliklerini artırmak amacı ile kullanılan etkili bir plastifiyan türüdür. İdealde 5-30 phr arasında kullanılırlar.

Ester plastifiyanları : Başlıca 4 gruba ayrılırlar.

1.) Fitalik asid ester : Elastikiyet ve düşük sıcaklık esnekliği verirler. Ucuzluğu nedeni ile tercih edilirler. DOP (dioktil-fitalat), DBP (dibütil-fitalat), DIOP (di-isooktil-fitalat), DINP (di-isononil-fitalat) örnek olarak verilebilir. 5-30 phr arasında kullanılırlar.

2.) Adipik asid ve sebasic asid ester : DOA (di-octil-adipat) adipik asit esterine, DOS (di-octill-sebakat) Sebasic asit esterine örnek birer plastifiyandır. Diğer plastifiyanlar gibi düşük sıcaklık özellikleri verirler. Bunun yanında DOS iyi ısı dayanımı özelliği de sağlar.

3.) Trimellitat : TOTM (trioctyltrimellitat), TIOTM (tri-isooctil-trimellitat) bu gruba giren, diğerleri ne nazaran düşük uçuculuğa sahip yağlardır.

Fosforik asid ester : Düşük alevlenebilirlik özelliği nedeni ile tercih edilirler. 5-15 phr arasında kullanılırlar. Tricresil ve diphenylcresil fosfat örnek verilebilir.

Ayrıca yüksek sıcaklık dayanımı sağlayan polyester bazlı plastifiyanlar ile yüksek sıcaklık-düşük sıcaklık özelliklerini dengeleyen ester bazlı plastifiyanlar da mevcuttur.

Plastifiyanların fonksiyonu fiziksel veya kimyasaldır. Kimyasal plastifiyanlar şu durumlarda uygundur.

- Temel husus pişmemiş hamurun özelliklerini ıslah etmek için
- Kauçuğun böyle kimyasal bir işleme karşılık vermesi halinde.

Fiziksel plastifiyanlar ise;

- Vulkanize edilmiş parçanın fiziksel özelliklerinin değiştirilmesinin gerektiği hallerde,
- Karışımın işleminin kaydırıcılık, yapışkanlık veya diğer özel etkiler gerektiğinde bunların elde edilebilmesi için kullanılırlar.

Kimyasal Plastifiyanların en çok rastlanan ve etkili tipleri şunlardır.

- Aromatik mertaptanlar
- Petrol sülfonatları
- Pentaklorotiofenoller

Polimerin mastikasyonu esnasında zincirler sürekli olarak parçalanırlar ve reaktif zincir sonları süratle tekrar birleşir. Kimyasal plastifiyan'ın (veya peptizer) varlığıyla reaktif zincir sonları plastifiyanla reaksiyona girer ve nötralize olur. Böylece molekül ağırlığı süratle düşer. Vulkanizasyon esnasında zincirler alışılmış ağsal yapıyı oluştururlar ve vulkanize edilmiş parçanın özellikleri bu tip plastikleştirmeden az etkilenir. Bu işlem genellikle NR, SBR ve NBR için sınırlıdır. Ayrıca plastifiyanların kayganlaştırıcı özelliği taşıyanları da vardır. Genellikle ekstrüzyonu kolaylaştırmak için kayganlaştırıcı olarak ilave edilirler. Stearatlar aynı etkiyi verebilirler ve kalıptan ayrılmayı kolaylaştırırlar. Kompleks esterler hamurun milden ayrılması için, düşük molekül ağırlıklı polietilen ise kalender merdanelerine yapışmayı önleyici olarak kullanılırlar.

Karışımı ucuzlatmak için ucuzlatıcı plastifiyanlar kullanılır. En yaygın ucuzlatıcı yağdır ve SBR, IR ve BR'de kullanılır. Diğer ucuzlatıcılar rejenere kauçuk ve faktisleri (polimerize bitkisel yağ) kapsarlar.

NR üzerine oksijen hücumu herhangi bir değer kaybettirme etkisine nazaran daha büyük etkiye sahiptir ve bazen sıvı kauçuk meydana getirir. Şimdi mevcut antioksidanlar tabii kauçuk için çok etkilidirler, %0,001 kadar az bir antioksidan kullanılarak bile hatırı sayılır derecede bir koruma sağlanabilir.

Pek çok polimer, peroksitler veya ağır metaller gibi polimerizasyon artıkları ihtiva ederler. Kauçukta çözünen veya manganez, bakır, nikel, demir ve kobalt gibi çok ince parça şeklindeki ağır metal iyonları NR içinde çok iyi bir oksidasyon katalizörüdür. Demir, özellikle SBR için kötüdür. Bakır tuzları genellikle zincir kırılma hızını artırırırlar, kobalt tuzları ise çapraz bağlama katalizör olarak rol oynarlar. Pek çok standart antioksidanlar da metal inhibitörleri olarak görev yapmaktadır. Plastifiyanların kauçuklar içinde kullanımı tablo 2.5'de özetlenmiştir.

(Akkurt, S., 'Plastik Malzeme Bilgisi', *Birsen Yayınevi*, 18-45, 1991)

Tablo 2.5 Plastifiyanların kauçuklar içinde kullanımı

	Petrol esaslı			Çam Katranı	Tabi Olcatlar	Esterler	
	Parafinik yağlar	Naftanik yağlar	Aromatik yağlar			Alifatik	Aromatik
EP						S	
IIR						S	
SBR						S	
NR					S	S	
BR						S	
AU			N			S	
CSM	N		N	N		S	
CR	N	N	N	N		S	
NBR		N	N	N	N	N	
ACM			N		N		N
T					N		N
PVC						N	N

2.3.4 Stabilizörler

Bütün kauçuklar parçalanmaya maruz kalır. Genellikle polimerde daha yüksek doymamışlık derecesi parçalanmaya karşı daha fazla hassasiyet demektir. Kauçuklar aşağıdaki şekillerde değerlerini kaybederler.

Zincir kırılması : Zincir boyunun ve ortalama molekül ağırlığının azalmasına neden olur.

Çapraz Bağlanma: üç boyutlu yapının oluşmasına ve daha yüksek molekül ağırlığına neden olur. Yeni kimyasal gruplar vasıtasıyla molekülün kimyasal değişimi

SBR, CR ve NBR çapraz bağlama sonucu zayıf esnekliği ve uzaması olan tahta gibi veya kırılğan karışımlar oluşturarak değerlerini kaybederler. Karışımın parçalanmaya karşı reaksiyonu tablo 2.6'de verilmiştir. (Devlet Planlama Teşkilatı, 'Kauçuk Ürünleri Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu', **DPT 2553-ÖİK-569, Ankara, 51-87, 2001**)

Tablo 2.6 Karışımın parçalanmaya etkisi

İç faktörler	Dış faktörler
Polimer Tipi Vulkanizasyonun tipi ve derecesi Hızlandırıcı Katkı Maddeleri Çalışma (proses) etkileri Stabilizörler	Oksijen Pro-oksidadntlar Isı Ozon Yorulma Işık ve hava etkileri

2.3.5 Kauçuk kimyasalları

Kauçuk karışımlarının (parçalarının) fiziksel ve kimyasal özelliklerinin artırılmasını sağlayan hammaddelerdir. Çok çeşitli sayıda tipleri mevcuttur.

- Harekete geçiriciler(Aktivatör) : Kauçuk karışımının vulkanizasyonunu hızlandıran ve ısı dayanımı özelliğini iyileştiren hammaddelerdir. Çinko oksit, magnezyum oksit gibi metal oksitler bu sınıfa örnek verilebilir.

- Antioksidantlar : Oksidasyona karşı direnç sağlarlar. Aynı zamanda ısı dayanımını iyileştirici etkide bulunurlar. Staining ve non-staining türleri mevcuttur.

- Antiozonantlar ve ozon vakslar : Ozon direncini artırmak amacı ile kullanılırlar. Staining ve non-staining türleri ile aynı zamanda antioksidant özelliği gösteren tipleri de mevcuttur.

- Geciktiriciler (Skorç önleyiciler) : Genelde vulkanizasyon süresine etkimeyip, karışımın vulkanizasyona başlama zamanını (skorç zamanı) uzatma amacı ile kullanılırlar.

- Proses kolaylaştırıcılar : Karışımın viskozitesini düşürmek dolayısıyla iyi proses edilmesini sağlamak amacı ile kullanılırlar. Mixing sırasında dolgu dağılımına da yardımcı rol oynarlar.

- Reçineler : Isı dayanımı özelliklerini iyileştirmek ve yapışma dayanımını artırmak amacı ile kullanılırlar. Çeşitli tipleri mevcuttur.

- Gözenek yapıcılar (Şişiriciler) : Süngerleşme benzeri bir etki yaparlar. Sünger üretimi, bazı kapı profili uygulamaları karışımlarında kullanılırlar.
- Mastikasyon ajanları : Kauçukların ezilip homojen olarak dağılması amacı ile kullanılırlar.
- Kaydırıcılar (Yapışma önleyiciler) : Gerek kauçuk karışımı üretiminde gerekse ekstrüzyon,vulkanizasyon (buhar veya sıcaklık/pres) işlemlerinde, stoklama sırasında oluşabilecek yapışma problemini önlerler. Genellikle haricen tatbik edilirler.
- Koku gidericiler : Nihai üründe istenmeyen kokuları gidermek için karışım içine katılırlar.
- Nem önleyiciler : Ortamdan etkilenme sureti ile nem oluşumu ve buna bağlı kabarcık oluşumunu önlerler.
- Pişiriciler : Karışımın vulkanizasyonuna ve elastik özelliklerinin kazanılmasına olanak sağlayan temel hammaddelerdir. Kükürt ve peroksitler bu grubun en bilinen örnekleridir. (Devlet Planlama Teşkilatı, ‘Kauçuk Ürünleri Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu’, *DPT 2553-ÖİK-569, Ankara, 51-87, 2001*)

2.3.6 Vulkanizasyon sistemi

Vulkanizasyon sistemi ile ilgili ayrıntılı bilgi kauçuk ürünlerin imalatı bölümünde verilmiştir.

2.4 Kauçuk Ürünlerin İmalatı

Kauçuk işlemede belli başlı üç teknik kullanılır. Bunlar Banburi ve milde karıştırma, kalenderleme ve ekstrüzyondur. Tablo 2.7’da karbon siyahı özelliklerinin her bir proses üzerindeki etkisini göstermektedir.

Tablo 2.7 Karbon siyahı özelliklerinin her bir proses üzerindeki etkisi

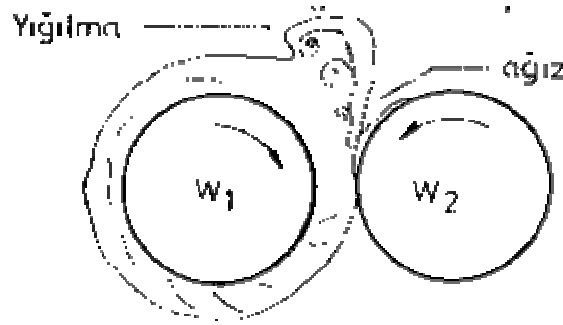
<u>İşlem Aktivitesi</u>	<u>Parça Boyu</u>	<u>Yapı</u>	<u>Yüzey</u>
Banburi ve Mil Karıştırma	Geniş	Yüksek	-
Kalender	Küçük	Yüksek	-
Ekstrüzyon	Küçük	Yüksek	-

Kauçuk ürünlerin imalatı birkaç aşamada olur:

- Karıştırma
- Ön şekillendirme
- Şekillendirme
- Vulkanizasyon

2.4.1 Karıştırma

Karıştırmanın gayesi kauçuk karışımına konan bütün katkı maddelerinin homojen bir kitle haline sokulmasıdır. Katılanların en az değişiklikle kauçuk karışımını oluşturması gerekir. Tozların düzenli dağılımı sağlanmalıdır. İşlem çabuk ve ucuz olmalıdır. Karıştırma işlemi kapalı veya açık tip karıştırıcılarda yapılabilir. Şekil 2.4’de iki valsli hamur karıştırma makinası gösterilmiştir. (Devlet Planlama Teşkilatı, ‘Kauçuk Ürünleri Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu’, **DPT 2553-ÖİK-569, Ankara, 51-87, 2001**)



Şekil. 2.4 İki Valsli Hamur Karıştırma Makinası

- Kapalı karıştırıcılar (Banburi)

Banburide, katkı maddeleri ağızdan kapak vasıtası ile doldurulur ve piston ile hareket eden ağırlık vasıtası ile karıştırma haznesine basılır. Karıştırma işlemi rotorların arasında ve rotorlar ile haznenin kenarı arasında meydana gelen

karşılıklı kayma noktalarında olur. İşlem tamamlandığında alt kapak açılır ve karışım boşaltılır. Banburide tipik bir karıştırma işlemi tablo 2.8’de verilmiştir. Tipik bir ters karıştırma ise tablo 2.9’de verilmiştir.

Tablo 2.8 Banburide karıştırma işlemi

Zaman	İşlem	Isı
0'	Polimeri ve çinkoyu at	140°C+
1'	Karbon siyahının yarısını at	
3'	Karbon siyahının yarısını ve yağın yarısını at	
5'	Yağın yarısını at	
7-8'	Boşalt	

Tablo 2.9 Tipik ters karıştırma işlemi

Zaman	İşlem	Isı
0'	Karbon siyahı + yağ + polimeri at	140°C+
2-4'	Boşalt	

Bu son ters karıştırma acemi işçi ile tatbik edilebilecek bir şekildedir fakat dağılım problemi verebilir.

Son işlem genellikle soğuk hamur makinesinde pişiriciler verilerek tamamlanır. Birinci karışım soğutulduktan sonra tekrar banburiden kısa bir sürede, kızışmasın diye daha az bir hacim geçirilerek de yapılmaktadır

Şekil 2.5’de kapalı karıştırıcı gösterilmiştir.



Şekil 2.5 Kapalı karıştırıcı

- Açık karıştırıcılar

Open mill (two roll mill) olarak literatürde yer alan açık karıştırıcılar, direkt karışım yapımı amacının dışında mastikasyon (kauçuğun veya karışımın ezilmesi), havalandırma, karışım ısıtma-soğutma, pişirici veya hızlandırıcı ilavesi ve kapalı karıştırıcı sonrası nihai formasyon için de kullanılırlar. Her iki karıştırıcı tipi de; besleme kapağı, karıştırma ünitesi, karıştırıcı rotorlar, piston ve boşaltma kapağı birimlerinden oluşurlar. Aralarındaki temel fark, rotor dizaynı ve büyüklüğüdür. Açık karıştırıcı rotorları daha büyük olup, aynı hızda dönerler. Banbury'lerde ise, rotorlar ters yönde ve genelde farklı hızda dönerler.

Açık karıştırıcıların karıştırma yöntemi Intermeshing, Banbury'lerin ki ise Tangential sistem olarak bilinirler.

Intermeshing sistem

- Hızlı karıştırma
- Hassas sıcaklık kontrolü
- Düşük boşaltma sıcaklığı
- Yüksek güç verimi
- İyi dolgu dağılımı

Tangential sistem

- Yüksek dolum oranı
- Hızlı karışım boşaltma

Şekil 2.6'de açık karıştırıcı gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Açık Karıştırıcı

2.4.2 Ön şekillendirme işlemleri

Karıştırma işlemi bittikten sonra elde edilen tabaka şeklindeki kauçuk karışımı bir sonraki işlemlere daha uygun bir şekle getirilir. Bu ön şekillendirme genellikle ekstrüder veya kalender ile yapılır.

Ekstrüder" kelimesi İngilizce'den türetilmiş olup kelime anlamı "vida baskısı" ("screw press") dır. Ekstrüder, sürekli bir şekilde çalışarak ham maddesini basınç ve

sıcaklık altında vida baskısı ile bir sonraki işlem için uç'dan yan mamul olarak çıkararak bir makinedir. Ekstrüzyon işleminde metod, sabit çaplı bir silindir içinde vida dönüşü ile hammaddeyi vida dişleri arasında vida sonundaki çıkış açıklığına getirmektedir.

Sürekli nakil, diğer bir deyişle dönen sonsuz vida sistemi çok uzun zamandan beri; yaklaşık 3000 yıldır bilinmektedir. Bu metod halihazırda Mısırlılar tarafından toprağı nemlendirmek için kullanılmaktadır. Ekstrüder, karışımın nakliyesi, ve eritme işleminden başka, erimiş karışımı sıkıştırmalı ve homojenleştirmelidir. Geçmişte dizayn edilen ekstrüderlerle şu andakiler karşılaştırıldığında göze çarpan önemli bir karakteristik, konstrüksiyon uzunluğudur, örneğin vida dolayısıyla silindir boyu eskiye göre çok uzundur.

Ekstrüdere ait değişik parçalar, örneğin motor, dişli, silindir ve vida bir dizi halinde hazırlanmakta ve amaca uygun olarak istenildiğinde büyük yada küçük parça, kısmi olarak kolayca değiştirilebilmektedir. Ekstrüzyon ile ayrıntılı bilgi üretim teknolojileri bölümünde verilmiştir.

Kalender ise kağıt sanayinden alınmış, ısıtılmış valslerin arasından ince levha çekmeye yarayan bir makinedir. (Devlet Planlama Teşkilatı, 'Kauçuk Ürünleri Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu', *DPT 2553-ÖİK-569, Ankara, 51-87, 2001*)

2.4.3 Şekillendirme

Kauçuğu şekillendirmek için vulkanizasyon işlemi kullanılır. Kauçuğu vulkanizasyon yöntemi ile pişirmeden önce vulkanizasyon sonrası istenilen şekli alması için şekillendirme yapılır. Özellikle otomotiv endüstrisinde kullanılan kauçuk hortumlar ekstruderde istenilen boylara kesilir. Pişmemiş olan kauçuk hortumun şekline göre hazırlanan paslanmaz çelik maçalara takılır. Bu işlemden sonra kauçuğu pişirmek için otoklav vulkanizasyonu yapılır.

2.4.4 Vulkanizasyon (Pişme)

Kauçuğu hazırlamak için en önemli işlem vulkanizasyon (pişirme) ‘dur ve kauçuğu çapraz bağlamak için gereklidir. Dolgu maddeleri, ya karışımı takviye etmek ya da ucuzlatıcı olarak kullanılır. Plastifiyanlar, hamura işleme esnasında yumuşaklık vermek ve daha sonra da istenilen esnekliği ve düşük sıcaklık esnekliğini kazandırmak için gereklidir. stabilizörler, gerek işleme esnasında gerekse parçanın kullanımında karışımı bozulmaktan korurlar.

Diğer katkı maddeleri (yağlayıcılar, şişiriciler, yapışkanlaştırıcılar, manyetik dolgular v.s.) ihtiyaç olduğunda ilave edilebilirler.

Vulkanizasyon ham kauçuk ve benzeri malzemelere, belirli kimyasal maddelerin uygulanması ile, onların çekme kuvvetini, sağlamlığını ve dayanıklılığını arttırmak ve kullanıma hazır hale getirmek için yapılan işlemdir. Genelde ve en basit şekilde bir ham kauçuk vulkanizasyondan sonra şu değişiklikleri gösterir:

- Yapışkanlığın önlenmesi
- Çekme kuvvetinde artma
- Çözücülerde çözünmede azalış
- Soğukta akma ve plastiklikte azalma
- Elastiklik artışı
- Sıcaklık hassasiyetinde azalma

Vulkanizasyon keşfedilmeden önce, pek çok ülkede oyun topu, su geçirmez elbise ve ayakkabı yapımında kauçuk kullanılıyordu. Fakat hiçbir zaman tamamen tatminkar olarak nazarı dikkate alınmamıştı. Yazın sıcakta yumuşamış, kışın kuvvetli soğukta donup sertleşmişti. Belirli organik çözücülere maruz kaldığında ise yapışkan hale gelmekteydi. 300 yılı aşkın bir zaman geçtikten sonra vulkanizasyonun keşfedilmesiyle kauçuk ürünleri faydalı bir şekilde kullanılabilir hale gelmiştir.

Kükürt vulkanizasyonunun evrimi aşağıda belirtilen önemli adımlar halinde özetlenebilir.

Kauçuk + kükürt: Belirli bir ham kauçuğu değişikliğe uğratarak daha fazla istenilen özellikleri elde etmek içindir.

Kauçuk + kükürt + çinko oksit: Karışımın geliştirilmesinde daha sonra atılan adım, kauçuk - kükürt karışımına çeşitli metal oksitlerin ilave edilmesidir. Bu maddeler pişme zamanını kısaltmak ve daha az kükürt kullanmak gayesiyle bulunmuştur. çinko oksidin aktifleyici etkisi bugünkü kullanımda da önemini devam ettirmektedir.

Kauçuk + kükürt + çinko oksit + organik hızlandırıcı + stearik asit: Anilin ve tio karbanilid, 1906'da ilk defa kullanılan orijinal organik vulkanizasyon hızlandırıcılarıdır. Bu keşfi azot ihtiva eden çok sayıda organik bileşiklerin organik hızlandırıcılar olarak kauçuk vulkanizasyonunda kullanılmaları üzerine araştırmalar izlemiş ve 1921'de bulunan "merkaptobenzotiazol" ilk gerçek ticari hızlandırıcı olmuştur.

"Merkaptobenzotiazol" gibi hızlandırıcılar karışımlarda şu avantajları sağlamıştır:

- Yaşlanmayı yavaşlatmak için kükürtün azaltılması
- Daha kısma pişme süresi
- Depolamada önceden pişme eğiliminin azaltılması
- Geliştirilmiş işlenebilme karakteristikleri
- Vulkanize olmuş karışımlarda geliştirilmiş mekanik özellikler
- Zehirli olmama

Yine bu sıralarda yapılan araştırmalar tabii kauçuk içersindeki hidrokarbon olmayan kısımlarındaki yağ asitlerinin hızlandırıcıların etkinliğine yardımcı olduğunu ortaya çıkartmış ve stearik asitin ilk olarak tabii kauçuk karışımlarına daha sonra ise sentetik kauçuk karışımlarına ilave edilmesi standart uygulama haline gelmiştir. Vulkanizasyonun kükürtlü pişirme sistemi ile (kükürt + hızlandırıcılar + Çinko oksit + stearik asit) yapılması, en yaygın kullanılan çapraz bağlama işlemi haline gelmiş olmasına rağmen kauçuklar değişik bazı metotlarla da vulkanize edilebilir.

Başlıca yöntemleri şunlardır:

- Radyasyon
- Organik peroksitler
- Azot bileşikleri
- Reçine vulkanizasyonu

Vulkanizasyon esas olarak "üç boyutlu ağ" gibi bir yapı oluşturan bir çapraz bağlama işlemidir. Bu yapı kullanılan pişirme sistemine bağlı olarak değişik kimyasal bağlardan (köprülerden) oluşur.

İşlenmiş kauçuk parça kauçuk özelliklerini kazanması için vulkanize edilir. Çeşitli vulkanizasyon metodları aşağıda verilmiştir. (Devlet Planlama Teşkilatı, 'Kauçuk Ürünleri Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu', *DPT 2553-ÖİK-569, Ankara, 51-87, 2001*)

2.4.4.1 Kalıplama

En bilinen vulkanizasyon metodudur. Preste ısıtılan kalıpta basınç altında uygulanır. Muhtelif şekilleri.

- a) Kompresyon
- b) Transfer
- c) Enjeksiyon
- d) Kombine kompresyon ve transfer şişirme kalıplama - yarı pnömatik tipler

Kompresyonla kalıplama: Avantajı kalıbın ucuzluğu ve işlemin basitliğidir. Dezavantajı büyük uzun zamanda pişmesidir.

Transferle kalıplama : Avantajı hızlı pişmesi ve zor parçalarda iyi netice vermesidir. Dezavantajları ise kalıbın pahalı olması, işlemin zorluğu ve pişme ile yanma bağlantısının kurulması zorluğudur.

Enjeksiyon kalıplama : Yüksek ısıda çok kısa pişme müddeti ve otomatik çalışma imkanı sağlaması yönlerinde tercih edilir. Kalıpların pahalılığı ve ekonomik olması

için fazla sayıdabası gerekliliği dezavantajlarıdır. Yüksek ısıda geri dönüş özelliği gösteren tabii kauçuk gibi polimerlerin kullanılabilmesi de sınırlıdır.

2.4.4.2 Devamlı vulkanizasyon

Bu işlem ekstrüderde ve kalenderde çekilmiş mamullere uygulanır.

2.4.4.3 Buhar

Kablo için kullanılır, çekilen kablolar bir buhar borusu içinden yaklaşık 200°C de geçirilerek pişirilir.

2.4.4.4 Sıvı ortam

Çekilen yarı mamul, profil zor şekilli Çekimler, süngerli imalat ve bisiklet iç lastikleri vulkanizasyon imkanı sağlayan bir sıvı ortamdan geçirilir. Bu ortam:

- Glikol, silikon gibi yüksek kaynama dereceli sıvılar
- Erimiş ısıda eriyen metaller
- Sıcak hava veya buharla ısıtılan cam bilyalar olabilir.

- Döner Tip Pişirici

Bu makine kauçuğun, konveyörlerin, paspas ve levhaların vulkanizasyonunda ve PVC'li bantlarda PVC jelleştirilmesinde kullanılır.

2.4.4.5 Mikro dalga

U.H.F.radyasyonla moleküller arasında sürtünme meydana getirerek ısının yükselmesini temin eden yeni bir uygulama şeklidir. Polar moleküllerle daha başarılı olmaktadır.

2.4.4.6 Hava fırınları

Bu sistem genellikle film ve levha tipi imalatta kullanılır.

2.4.4.7 Otoklav vulkanizasyonu

Kauçuk sanayiinde kullanılan en eski pişirme sistemidir. Hazırlanan yarı mamuller otoklavda buharla vulkanize edilir. Otoklav ile vulkanizasyon yönteminde peroksitli ve kükürtlü yöntem uygulanır.

Peroksitli vulkanizasyon:

Peroksitli vulkanizasyon sistemi, kükürtlü sisteme göre aşağıda belirtilen bazı özellikleri nedeni ile öne çıkmaktadır.

Peroksitli sistemin avantajları ;

- ✓ Kolay formülasyon
- ✓ Karışımları daha uzun süreli stoklama imkanı
- ✓ Daha yüksek ısı dayanımı (reversion direnci öz.)
- ✓ Daha iyi kalıcı deformasyon özelliği
- ✓ Yüksek sıcaklıklarda hızlı vulkanizasyon
- ✓ İyi elektriki özellikler (elektro kimyasal direnç)
- ✓ Renk değiştirmeme ve kasmama özelliği

Peroksitli sistemin dezavantajları ise şöyledir.

- o Vulkanizasyonda oksijene duyarlılık (Steam cure ve UHF)
- o Daha düşük fiziksel özellikler (yırtılma ve kopma dayanımı)
- o Klasik tiplerde kristallenme problemi
- o Düşük aşınma direnci
- o Fazla şişme
- o Yüksek maliyet
- o Düşük sıcaklıklarda uzun vulkanizasyon süresi
- o Sınırlı kimyasal kullanımı (antioksidant, reçine, plastifiyan)

Peroksitle vulkanize;

Olabilen polimerler

Olamayan polimerler

NR

ACM

IR

IIR

BR

CIIR

CR

CO

SBR

ECO

NBR

PP

HNBR

PVC

MVQ

EPM

EPDM

FKM

CPE

Kükürtlü vulkanizasyon:

Kauçuk ürünlerinin vulkanizasyonunu gerçekleştiren birçok kimyasal olmasına rağmen ticari olarak en çok bilinen sarı kükürtleştir. Kükürdün büyük bir kısmı ABD'de Louisiana ve Texas bölgelerinden elde edilir. Kükürt rezervleri kil-kum ve kayaların 300m. altında bulunmakta ve geleneksel teknoloji ile yer yüzüne çıkarılmamıştır. Kükürt çıkarma için kullanılan metot, "fräsch" prosesidir. Bu prosese göre iç içe geçmiş borularla rezerve ulaşılmakta, aşırı kızgın buhar vasıtasıyla kükürt eritilmekte ve basınçlı hava ile yeryüzüne çıkarılmaktadır. Daha sonra erimiş kükürt soğutulup ve istenen büyüklükte öğütülerek kullanıma sunulmaktadır. Kükürt eldesi için yapılan çalışmalardan en önemlisi ABD'de kükürt ihracatının sınırlandırılması ile başlatılan "Petrol rafinesiz kükürt eldesi" dir. Normal kükürt, kauçuk içerisinde bir miktar çözünmektedir. Eğer karışımdaki normal kükürt, miktarı 1.0 phr'yi aşarsa, kür olmamış kauçuk mamulleri mamul yüzeylerinde kumaya sebep olmaktadır. Kusma, kür olmuş ya da olmamış ürünlerin yüzeylerinde lastik bileşenlerinin görülmesidir. Bu maddeler genellikle kükürt ve bazı waxlardır. Ayrıca bu etki yalnızca bu maddelerle sınırlı değildir. Kür olmamış üründeki kükürt

kusması, ürünün yapım yapışkanlığının kaybolmasına sebep olmaktadır. Lastik yapım ünitesinde büyük problemler yaratmaktadır. Çok az miktarda kusma, herhangi bir bez veya ayırıcı kullanmaksızın kür olmamış ürünlerin istiflenmesine yardımcı olmaktadır.

Fiziksel olarak kükürt değişik biçimlerde mevcuttur. (Bunlardan bir tanesi çözülmeyen kükürtler ve kauçuk yüzeylerine doğru kusma hareketi bu kükürt için söz konusu değildir.) Ayrıca içerisinde çeşitli miktarlarda çözülmeyen kükürt bulunan parçalanmış kükürtler amaçlara uygun olarak hazırlanmaktadır.

Çözülmeyen kükürtler, Ön vulkanizasyona sebep olmaksızın belirli bir süre stoklanmak zorundaki lastik ürünlerde özellikle kaplama amaçlı sırt kauçuklarında kullanılmaktadır. Vulkanizasyon ısısı; çözülmeyen kükürdü normal kükürde çevirmekte ve kür üzerinden ters bir etki olmamaktadır. Çözünmez kükürdün, çözünür kükürde göre çok pahalı olması kullanımı sınırlamıştır. Bu nedenle normal kükürtle parçalanmaktadır. Çözünmeyen kükürt içeren karışımlar, 220 °f'i aşılmayan sıcaklıklarda proses edilmediği takdirde kükürt çok kararlı bir yapıya dönüşmektedir. Çözünmeyen kükürt uzun dönem depolanmamaktadır ve normal sıcaklıklarda bile normal kükürde dönüşmesi önlenememektedir. (Gazi Üniversitesi, Kauçuk (online), <http://www.obitet.gazi.edu.tr> (Ziyaret tarihi:10Eylül 2005))

Kükürt vulkanizasyonlu sistemler 3 kısımda incelenebilir.

- Klasik vulkanizasyon : Kükürt oranının diğer hızlandırıcılara göre baskın olduğu vulkanizasyon sistemi. (CV)
- Etkili vulkanizasyon : Hızlandırıcıların kükürte nazaran daha yoğun kullanıldığı, kükürt oranının düşük olduğu vulkanizasyon sistemi. (EV)
- Yarı etkili vulkanizasyon : Kükürt ile hızlandırıcıların dengeli olarak kullanıldığı vulkanizasyon sistemi. (SEV)

Klasik vulkanizasyon sistemi;

- ✓ Yüksek kopma mukavemeti

- ✓ Daha iyi ömür testi dayanımı
- ✓ Daha iyi elastikiyet

Etkili vulkanizasyon sistemi;

- ✓ Isıl yaşlanma özelliklerinin iyileştirilmesi
- ✓ Geri dönüşüm özelliklerinin iyileştirilmesi
- ✓ Daha iyi (düşük) kalıcı deformasyon özelliği

Kükürt ile vulkanize olabilen polimerler

NR

IR

BR

SBR

CR

NBR

NBR/PVC

HNBR

EPDM

- Hızlandırıcılar : Hızlandırıcılar, kauçuğun kükürtle reaksiyonunu hızlandıran maddelerdir. Hızlandırıcı kullanımıyla daha iyi fiziksel özellikler, özellikle yaşlanmaya karşı daha iyi bir direnç elde edilmektedir. Kür süresinin kısalması, üretim miktarını artırdığı gibi, büyük kauçuk ürünlerinde homojen kür imkanını sağlamaktadır. Laboratuvarlarda, lastik hamurlarının gerilme mukavemeti özelliklerin irdelenmesi için örnekler belirli bir sıcaklıkta ve zamanda vulkanize edilerek örnekler az kürden aşırı küre doğru sınıflandırılmaktadır. (Gazi Üniversitesi, Kauçuk (online), <http://www.obitet.gazi.edu.tr> (Ziyaret tarihi:10Eylül 2005)

Vulkanizasyon hızını artıran temel pişiricilere yardımcı hammaddelerdir. Kükürtlü sistemlerde kükürt olmaksızın da vulkanizasyonu sağlama özellikleri mevcuttur. Peroksitli tiplerde bu görevi ko-ajanlar yapmaktadır. (TAC, EDMA)

Hızlandırıcılar vulkanizasyon hızlarına göre şu şekilde sınıflandırılabilirler.

- Ultralar (dithiocarbamateler, ZDBC-ZDMC-ZDEC)
- Çok hızlı olanlar (Thiuramlar, TMTD-TMTM-TETD)
- Hızlı olanlar (Thiazoller, MBT, MBTS)
- Orta hızlı olanlar (Guanidineler, DPG, DOTG)
- Yavaş olanlar (Sulfenamideler, CBS)

Vulkanizasyon mekanizmasını açıklayacak olursak kauçuğun kükürt ile vulkanizasyonunun 120 yılı aşkın süredir bilinmektedir ve kauçuk karışımının ısıtılması esnasında meydana gelen reaksiyonlar ve değişikliklerin genel olarak, R-Sx-R tipindeki çapraz bağlanmış polimer zincirlerinin oluşmasına dayandığı kabul edilmiştir. R kauçuk hidrokarbonu, x ise bir veya daha büyük bir sayıdır ve çapraz bağdaki kükürt atomları sayısını belirtir. Ortalama x değerinin kullanılan hızlandırıcının tipine ve miktarına bağlı olarak değişeceği beklenmelidir.

Vulkanizasyonda, çinko oksidin kompleks oluşturmada rol oynadığı da genel olarak kabul edilmiştir. Ara kompleks bileşikler kükürt, çinko oksit ve hızlandırıcıların reaksiyonu ile şekillenir ve bu ara ürün daha sonra kükürt, kauçuk zincirine transfer eder. Aşağıdaki reaksiyon şeması muhtemel mekanizmayı göstermektedir. Tiuram disülfid, ısı etkisi altında tiuram monosülfid ve kükürt atomu vermektedir. Bu kükürt çapraz bağlama işlemini başlatmaktadır.

Kauçuk zincirlerindeki doymamışlığın varlığı kükürtle pişme mekanizmasında aktivasyon için gerekli bir noktadır. Doymuş hidrokarbon kauçukları geleneksel kükürt pişme sistemleri ile çapraz bağlanamazlar.

Vulkanizasyon işleminde, pişme zamanı, skorç (pişmeye başlama) zamanı, vulkanizasyon, optimum pişme, plato etkisi (düzgün etki), geriye dönüş ve pişme hızı gibi değişkenler bulunmaktadır. Vulkanizasyonun ana adımlarını incelemek için birleştirilmiş Mooney skorç ve gerilme-esneme eğrisi aşağıda gösterilmiştir.

Vulkanizasyon Değişkenleri (Parametreleri) Pişme zamanı

Skorç (pişmeye başlama) zamanı

Vulkanizasyon

Optimum pişme

Plato etkisi (düzgün etki)

a) Pişme zamanı: Optimum pişmeye ulaşmak için gerekli zamandır. Pişme hızları farklı hızlandırıcılarla değişir. Diğer değişkenler sabit olması halinde daha yüksek pişme hızı daha iyidir.

b) Skorç (pişmeye Başlama) zamanı: Isıtma zamanı başlangıcı ile pişme başlangıcı arasındaki zamandır. Hızlandırıcı tipine göre değişir.

c) Vulkanizasyon zamanı: Pişme başlangıcı ile optimum pişme arasındaki zamandır. Nispi pişme hızının kaba bir göstergesidir.

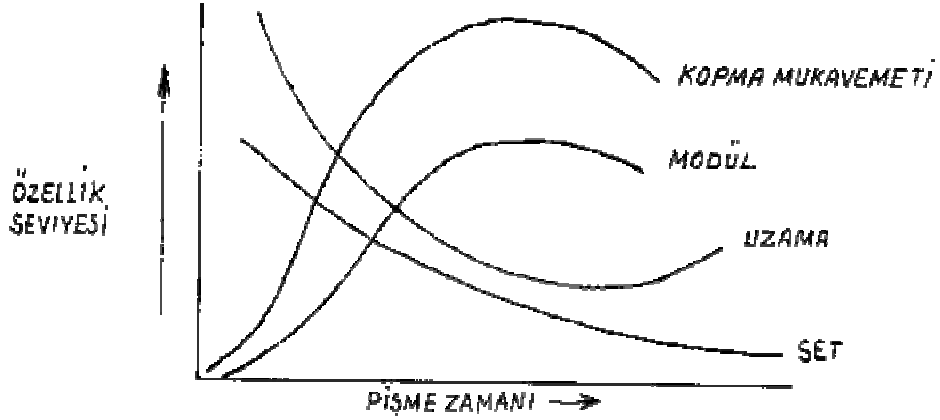
d) Optimum pişme: Genellikle maksimum kopma kuvvetinin %90'ına ulaşmak için gerekli zamandır.

e) Plato etki: Pek çok gerilme-esneme eğri seviyesinin maksimuma yaklaşması ve gerilmenin (veya esnemenin) bir zaman aralığında sabit kalmasıdır. Plato zamanı fazla pişme hassasiyetinin bir fonksiyonudur. Bu etki özellikle kalın kauçuk numunelerin pişmesinde önemlidir. Bu yüzden kalın mamullerin vulkanizasyonu esnasında iç ve dış kısımlarının pişmeleri arasında önemli zaman farkı oluşur. Plato zamanı geniş kauçuk ve hızlandırıcı tipine göre değişir.

f) Geri dönüş: Kükürtle pişirilen yüksek doymamış kauçuklarda ısıtma ve vulkanizasyonun optimum pişmeye ulaşmak için gerekenden daha fazla yapılmasıdır ve özellikle gerilim değerinin düşmesine neden olur.

h) Pişme hızı: Vulkanizasyon eğrileri genellikle, yavaş bir reaksiyon periyodunu takip eden hızlı bir reaksiyon sürecini ve daha sonra da yavaşlayan bir reaksiyon periyodunu gösterirler. Pişme hızı, hızlı reaksiyon periyodu sırasındaki vulkanizasyon eğrisinin eğimi olarak kabul edilmiştir. (Devlet Planlama Teşkilatı, 'Kauçuk Ürünleri Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu', **DPT 2553-ÖİK-569, Ankara, 51-87, 2001**)

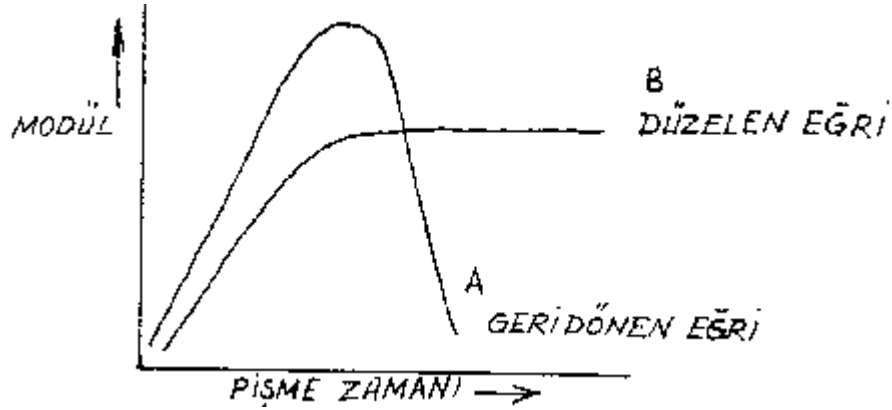
Şekil 2.7'de pişme zamanı etkisi özetlenmiştir.



Şekil 2.7. Pişme zamanının vulkanize olmuş ürünlerin özelliklerine etkisi

Optimum pişme en iyi fiziksel özellikler dengesini veren pişme zamanıdır. Plato zamanı fazla pişme hassasiyetinin bir fonksiyonudur. Bu etki özellikle kalın kauçuk numunelerin pişmesinde önemlidir. Bu yüzden kalın mamullerin vulkanizasyonu esnasında iç ve dış kısımlarının pişmeleri arasında önemli zaman farkı oluşur. Plato zamanı geniş kauçuk ve hızlandırıcı tipine göre değişir.

Pişirme sistemi ayrıca şekil 2.8'de görüldüğü gibi karakterize edilebilir.



Şekil 2.8 Pişme zamanının vulkanizasyona etkisi

B sistemi pişme süresi ve sıcaklığından daha az etkilendiğinden tercih edilir. A sisteminde ise vulkanizasyon şartları çok kritiktir.

Isının etkisi, genellikle oksijenle birlikte görülür. Isı yaşlandırılmasının etkisi en fazla uzama üzerinde ortaya çıkar. Doğru pişme sistemi ve antioksidanlar

herhangi bir polimerde, ısı yaşlandırması üzerinde hissedilir bir etkiye sahiptirler. Bu konuda en iyi yol IIR veya EP gibi ısı dayanımı yüksek polimerin seçimidir.

Doymamış kauçuklarda ozon hücumu, özellikle parça bir gerilmeye tabi ise, çok şiddetlidir. Ozon hücumunun mekanizması ham olarak bilinmemektedir. Fakat şu da gerçektir ki reaktif kısımların (çifte bağlar) varlığına ilaveten polimerin histerisis özellikleri, aynı etkiye sahiptir. Bu nedenle, eğer sıcaklık veya plastifiyan yüzdesi artırılırsa, zincirlerin oynaklığı artacak ve ozona dayanım düşecektir. Bu durum özellikle bütül kauçuk için geçerlidir.

Ozon hücumuna karşı önleyici olarak bilinen en genel teknik, hamura mumların ilavesidir. Mumlar yüzeysel bir kopma yaparak koruyucu bir tabaka oluşturur. Bu da statik kullanılan parçalar için geçerli, fakat dinamik olarak çalışan parçalar için geçersizdir.

Her ne kadar pek çok etkili antiozonlar varsa da, bunlar boyayıcı ve renk bozucu malzemeler olduklarından açık renkli karışımlarda kullanılmazlar. En etkili şekil, ozon dayanımı olan kauçuklar kullanmaktır. (EP, IIR, CR, CSM)

Ozon çatlamasında etkili olan diğer faktörler şunlardır.

Katkı maddelerin dağılımı : Kötü dağılım çatlamayı hızlandırır.

Yabancı maddelerin varlığı : Teneke parçası veya metalik yabancı maddeler, toz, çatlamayı hızlandırır.

Kalıplamadan önce hamurun bekleme zamanı : Pişmemiş hamurun kalıplamadan önce bekletilmesi (dinlendirilmesi) çatlamayı azaltır.

Kauçuğun yorulma sonucu bozulma hadisesi tam açık olarak bilinmemektedir. En önemli bozulma esnemedede çatlama diye adlandırılan dinamik tiptir. Bu bozulmanın nedenleri, zincirlerin geriliminden dolayı kırılmasına ve/veya çapraz bağlanmasına ve esneme esnasında meydana gelen ısı ile oksidasyonun hızlanmasına bağlıdır.

Esnemedede çatlama üzerinde etkili bazı faktörler :

1. Tabii kauçuğun esneme ömrü, eğer geniş bir oranda esnerse esneme sıfır noktasından geçerse önemli ölçüde azalmaktadır.

2.Eğer fazla bekletilme sonucu yaşlanmaya tabi olmuş ise esneme ömrü kötüleşir.

3.Düşük kükürtlü karışımlar kötü esneme ömrü verirler.

4.Bütün kauçuklar fakat bütül hariç sıcaklık 40-100 °C 'den yüksek tutulursa esneme ömrü bakımından kötü etkilenirler.

Esneme çatlamaşının her hangi bir şekilde ozon çatlamaşısı ile ilişkili olduğu gözükmemektedir, zira antiozonantlar esneme çatlamaşısına karşıda iyi gelmektedir.

Aşağıdaki tavsiyeler esneme ömrünün uzamasına yardımcı olabilir.

- Parça büyüklüğü küçük dolgular, az veya orta miktarda kullanmak ve iyi bir dağıtım yapmak kaydıyla

- Optimum pişme hali

- İyi 'esneme de çatlama' kimyasalların kullanılmaması

- Uygun polimerin seçimi : IIR en iyisidir onu düşük sıcaklıkta CR ve orta derecede sıcaklıkta NR takip eder.

- Kusan mumların büyük miktarlarda kullanılmaması

- Aşırı derecede ısı oluşumu olmamalı

- Minimum esneme sınırının dizaynı.

Kalıp kusurlarının önlemesi örneğin yüzey çatlaklarda kötü birleşmeye neden olur.

Işık, özellikle ultra viyole, kaçuçuk yüzeyinde oksijenin etkisini arttırarak okside bir uç filmi meydana getirir. Bu film daha sonra su buharı ile etkileşime girerek yüzeydeki çatlak meydana getirir. Ultra viyole ışını aynı zamanda antioksidanı da tahrip eder. Bütül kauçuk açık renkli karışımlarda ultra viyole radyasyonu tarafından çok kötü etkilendirilir ve yapışkanlık meydana getirir.

Benzofenonlar ve benztriazoller gibi ultra viyole emicileri plastik endüstrisinde geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Işık geçirmeyen dolgular (özellikle karbon siyahı)

da etkili ultra-viyole emicilerindendir.. Havaya dayanıklı kaplamalar örneğın CSM boyaları da kullanılır. Tablo 2.10'da vulkanizasyon sonrası kauçukların teknik özellikleri gösterilmiştir.

Tablo 2.10 Genel Elastomer Özellikleri

	<u>N.R.</u>	<u>S.B.R.</u>	<u>B.R.</u>	<u>E.P.D.M.</u>	<u>C.R.</u>	<u>N.B.R.</u>	<u>H.N.B.R.</u>	<u>C.P.E.</u>	<u>C.S.M.</u>	<u>A.E.M.</u>	<u>A.C.M.</u>	<u>E.C.O.</u>	<u>E.K.M.</u>
Isı day.(°C)	105	115	115	125 / 150	125	130	160	150	150	175	180	135	300
Düşük temperatür dayanımı °C	-60	-55	-70	-50	-40	-20	-30	-25	-25	-40	-20	-40	-20
Ozon dayanımı	Zayıf	Zayıf	Zayıf	Mükemmel	Çok iyi	Zayıf	Çok iyi	Mükemmel	Mükemmel	Mükemmel	Mükemmel	Mükemmel	Mükemmel
Yağ direnci (ASTM 3, 100°C)	Yetersiz	Yetersiz	Yetersiz	Yetersiz	Orta	İyi	Orta	İyi	Orta / iyi	Orta / iyi	İyi	Mükemmel	Mükemmel
Yakıt direnci (ASTM Fuel B,40°C)	Yetersiz	Yetersiz	Yetersiz	Yetersiz	Zayıf	İyi	Çok iyi	İyi	Zayıf	Yetersiz	Zayıf	Mükemmel	Mükemmel
Alkol day.(20°C)	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	Mükemmel	İyi	Orta	İyi	İyi	İyi	İyi
Keton day.(20°C)	Orta	Orta	Orta	İyi	Orta	Yetersiz	İyi	Orta	Orta	Zayıf / Orta	Yetersiz	Zayıf	Yetersiz
Alken day.(20°C)	Yetersiz	Yetersiz	Yetersiz	Yetersiz	Yetersiz	Yetersiz	Orta	Yetersiz	Yetersiz	Yetersiz	Yetersiz	Yetersiz	İyi
Asit dayanımı	Orta	Orta	Orta	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	Çok iyi	Orta	Orta	Orta / iyi	Mükemmel
Baz dayanımı	İyi	İyi	İyi	İyi	Orta	Orta	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi
Fiziksel özellikler	Mükemmel	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi	Orta / iyi	İyi
Yırtılma dayanımı	Çok iyi	Orta	Orta	İyi	İyi	Orta	Çok iyi	Orta	Orta	İyi	Orta	Orta / iyi	Orta / iyi
Aşınma dayanımı	Mükemmel	Mükemmel	Mükemmel	İyi	Çok iyi	İyi	Çok iyi	İyi	Çok iyi	İyi	Orta	Orta / iyi	İyi
Metal yapışması	Mükemmel	Mükemmel	Mükemmel	Orta / iyi	Mükemmel	Mükemmel	Mükemmel	Orta / iyi	Mükemmel	Çok iyi	Çok iyi	Orta / iyi	Orta / iyi
Gaz geçirgenliği	Yetersiz	Oldukça zayıf	Yetersiz	Oldukça zayıf	Zayıf	Zayıf	İyi	Zayıf	Zayıf	Çok zayıf	Zayıf	Çok iyi	Çok zayıf
Dielektrik direnci	İyi	İyi	İyi	Mükemmel	Çok iyi	Zayıf	Zayıf	Mükemmel	Çok iyi	İyi	Orta	İyi	Çok iyi
Yanma direnci	Zayıf	Zayıf	Zayıf	Zayıf	Alevi çekince sönmeye özelliği	Zayıf	Zayıf	İyi	İyi	Orta	Zayıf	Zayıf / Orta	Alevi çekince sönmeye özelliği
Su dayanımı	Çok iyi	İyi	Çok iyi	Mükemmel	İyi	İyi	Çok iyi	Çok iyi	Çok iyi	İyi	Zayıf	İyi	İyi

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

3.1 Üretim Teknolojisi

3.1.1 Ekstrüzyon teknolojisi

Ekstrüzyon sisteminde alt boruyu çekmek için 1. ekstrüder kullanılır. Ekstrüder çıkışında dış çapı ölçmek için Lazer tarayıcı bulunur. Alt boru lazer tarayıcıdan geçtikten sonra soğutma banyosuna girer ve örme makinasında iplikle takviye edildikten sonra sehim kontrolü yapılır. Arkasından solüsyon veya sıcak hava tatbik edilerek T kafa ekstrüdere girer. T kafa ekstrüderde üst boru çekilerek tekrar lazer tarayıcı ile dış çap kontrolü yapılır. İki kat haline gelmiş ve iplikle takviye edilmiş hortum çekici banttıan geçerek 2. soğutma banyosuna girer ve antitack uygulanarak son sehim kontrolü de yapılarak bıçak ile istenilen boylarda kesilir. Şekil 3.2’de ekstrüzyon sistemi şematik olarak gösterilmiştir.

Ekstrüzyonda kullanılan ekstrüderler tek vidalı ve çok vidalı olmak üzere alt gruplara ayrılırlar. Çift vidalı ekstrüderler özellikle toz halindeki plastik maddelerin işlenmesi için geliştirilmişlerdir.

Tek vidalı ekstrüderler aşağıdaki elemanlardan oluşur.

- Vida
- Silindir
- Besleme bunkeri
- Tahrik motoru
- Redüksiyon dişlisi
- Silindir için ısıtma elemanları

Ekstrüderin en önemli parçası vidadır. Ekstrüde edilecek malzeme miktarı ve kalitesi ile ilgili optimal noktalara bağlı olarak dizayn ve imal edilen vidaların üretiminde büyük gayretler sarf edilir.

Vidaların burulma sertliği, yırtılma ve korozyon durumları ile ilgili olarak gereken ilave modifikasyonlar vida üzerinde tesis edilir. Bu yüzden vida imalatında alimünyumlu çelik kullanılır. Bu çelik ısıtma işlemi görmüş olup, 100 kp/mm² sertliği garanti eder ve kırılabilirliği giderilmiştir. Yüzey sertliği amonyak gazı ile nitrasyon sonucu 600°C de elde edilmiştir. (Gazi Üniversitesi, Kauçuk (online), <http://www.obitet.gazi.edu.tr> (Ziyaret tarihi:10Eylül 2005)

Korozyona dayanıklı vidalar, krom kaplamalı olup genellikle çok düzgün bir şekilde yüzey düzleştirme (polishing) işlemine tabi tutulmuşlardır

Vida ucu:

Vida uçları açılara göre farklılık gösterirler. Genellikle konik biçimli uçlar yaygındır. Diğer tiplerde istenilen amaca uygun olarak kullanılabilir fakat vida uçları kendisinden sonra gelen kalıba uygun olmalıdır.

Silindirin iç yüzeyindeki metal, vidanın yüzeyde hasar yapmasını önlemek amacıyla vida malzemesinden daha sert seçilir. Silindir ve vida arasında belli bir açıklık muhafaza edilerek vida ile silindirin direkt teması önlenir. Silindir ve vida ile mümkün olan en iyi operasyonu elde etmek için, silindirin iç yüzeyi biley taşı ile bileylenir ve silindirin iç kısmında boylamasına yivler açılır. Diğer taraftan vida dış üstü tamamen düz bir yüzeye sahiptir. Malzemenin vidaya beslenebilmesi için silindirin arka kısmında bir açıklık vardır. Besleme bunkerini silindir üzerindeki bu açıklığa monte edilmiştir. Silindir düzgün bir şekilde ekstrüdere bağlanmıştır.

Besleme bunkerini:

Ekstrüdere ham madde besleme bunkerini vasıtasıyla sağlanır. Besleme bunkerini çepçepçerlerinin malzemesinin düzgün bir şekilde dibe akmasını sağlamak amacıyla kafi

derecede eğimli olması gerekmektedir. Çoğu durumlarda besleme bunkerleri konik biçimde dizayn edilirler. Fakat dikdörtgenler prizması şeklinde besleme bunkerleri de dizayn etmek mümkündür. Bunker içindeki malın seviyesini görmek için bunkerin dibine yakın bir konumda seviye kontrol camı yer alır.

Ekstrüderi durdurduğumuz zaman vidaya istenildiğinde beslemeyi kesmek için besleme bunkerleri altına ya bir klape ya da sürgülü vana konur. Bu besleme boğazı ile silindir arasında yer alır. Yukarıda bahsedilen birinci metod, besleme bunkerinin kaydırılarak besleme boğazından ayrılması, besleme hopperinin kolayca boşaltılması ve malzeme değişikliği açısından bir takım avantajlar sağlar. Eğer besleme bunkerleri, besleme boğazından yeterince uzak bir şekilde ayrılırsa; besleme bunkerindeki bir oluk vasıtasıyla değiştirilecek olan malzemenin dışarı akıtılması sağlanabilir.

Tahrik sistemleri:

Ekstrüder vidasının dönmesini sağlamak için bir motor gerekir. Devir arttırma yada azaltma işlemi zincir dişlisinin veya kayış kasnağının değiştirilmesiyle sağlanır. Ekstrüder devrini bir çeşit sürat değiştirme düzeni vasıtasıyla dişli çark düzeni ile değiştirmek de mümkündür. Fakat böyle bir sistemde sadece spesifik hızlar ayarlanabilir, istenilen her hızın kontrolü sadece özel olarak dizayn edilmiş dişli vasıtayla sağlanabilir.

Sınırsız hız kontrollü değişken dişliler elektrik motoru ile redüktör arasına yerleştirilmiştir. PIV - dişli (pozitif sınırsız değişken dişli) ekstrüderlerde en çok kullanılan bir hız ayar sistemidir.

PIV dişli sistemi iki çift konik kasnak ihtiva eden iki setten oluşmuş olup bir rod vasıtasıyla kendi aksları istikametinde hareket edebilecek şekilde dizayn edilmişlerdir. Her iki kasnak çifti arasında bir akstan diğerine kuvveti iletmek üzere bir zincir mevcuttur. Eğer çiftlerden birisindeki konik kasnaklara rod vasıtasıyla bir baskı gelirse kasnaklar arasındaki zincir kasnak merkezinden dışarı doğru itilecektir. Zincir boyunun değiştirilemeyeceği bir gerçek olduğundan ve her iki çift kasnak merkezlerindeki miller arasındaki mesafe de hep sabit kalacağından, ikinci kasnak

çifti arasındaki mesafe açılacak ve zincir ikinci kasnak çifti göbeğindeki mile doğru hareket edecektir. Hal böyle olunca zincir tahrik açısı geniş bir aralıkta geçişsiz bir şekilde değiştirilebilecektir. Böylece ekstrüder vidasına sınırsız sayıda değişik devir kazandırmak mümkün olacaktır. Bu yüzden basınç yatağı kullanılır. Basınç yatağı yatak muhafazası vasıtasıyla desteklenmiştir.

Vidanın dönüşü ilave bir bilyalı yatak vasıtasıyla sağlanır. Tahriğin olduğu tarafta vida bir şafta sahip olup, bu şaft vida üzerine gelen torku iletmeye yarar. Bu şaft ün arka tarafına dişli çark sistemi yerleştirilmiş olup, şafta dişli çark sistemindeki karşı dişliler, tahriki iletir.

Eğer iki metal yüzey birbirine temas ediyorsa, yağlama gerekir. Şayet ufak tipte makinalar söz konusu ise dişli kasnakları ve şaftlar tamamen elle yağlanır. Şayet büyük makineler söz konusu ise, bu yüzeyler için gerekli yağ transfer edecek bir yağ sirkülasyon pompası kullanılır.

Yağlama yağı dişli sisteminin en aşağı noktasında toplanır ve içerisindeki pislikten arındırılmak üzere filitrelenerek pompayla tekrar sisteme gönderilir.

Erimiş malzemeye bağlı olarak normal ekstrüderlerin silindirleri ısıtıcı bandlarla donatılmıştır Ekstrüder besleme bölgesinden başlayarak kafaya kadar birbirinden bağımsız olarak çalışan sıcaklık kontrolörleri ve ısıtma bölmeleri ekstrüder üzerine monte edilmiştir. Burada kullanılan ısıtıcı bandlar, resistanslı elektrikli ısıtıcılar ihtiva ederler. Bunun yanı sıra buhar yada sıvı kullanarak ekstrüder bölmelerini ısıtmak mümkündür.

Rezistanslı elektrikli ısıtıcıların montajı ve kontrolü kolay olduğundan daha çok kullanılırlar. Isıtıcı elementler silindirin dış yüzeyine yerleştirilir. Bu elementler silindir üzerine muntazam bir şekilde oturtulmalıdır. Eğer ekstrüder silindiri üzerine konan ısıtıcı bandlarla büyük bir zorlama varsa ısıtıcı bandlar üzerine ısı reflektörleri veya ekstrüder silindiri üzerine ısıtıcı bandları yerine silindiri çepeçevre saran ısıtma kartuşları monte edilebilir.

Suyun dolaşacağı borular bakırdan yapılır ve silindir dışındaki yivlere silindir boyunca sarılır ve su ana girişine bağlanır. Soğutma suyunun girişine konan bir selenoid vana ile soğutma soyunu açmak ve kapamak şeklinde, silindir zon sıcaklığı ana sıcaklık kontrol sisteminden gelen sinyalle kontrol edilir. Çoğu durumlarda vidanın içten soğutulması gereklidir. Vida içinde boydan boya silindirik bir delik mevcut olup vida içine sokulan bir soğutma suyu sondası ve vida arkasına bağlanacak bir döner bağlantı ile vida içten soğutulur.

Ekstrüderde, her zaman aynı tipte üretim yapılıyorsa ekstrüder zonlarını önceden belirlenen sabit set sıcaklıklarında tutmak, önemlidir. Fakat bu durum dahili ve harici etkiler nedeniyle pek sağlanmaz. Bu etkilere örnek olarak şunlar söylenebilir: Yüksek hız, lot değişimi, bir kapının yada pencerenin açılması, çevre sıcaklığı. Ayrıca ekstrüderler temelde üniversal makinalar olarak yapılmışlardır ve bu yüzden bir çok uygulama için uygun olmalıdırlar.

Değişik malzemeler değişik erime sıcaklığı gerektirir. Bu, neden ekstrüderlerin ısı verimlerinin yüksek olduğunu gösterir. Gerçek işletme sıcaklıkları yüksek ısı verimi gerektirmez. Kontrol cihazı, ekstrüder içindeki malzeme eriyip, daha önceden manuel olarak ayarlanan erime sıcaklığına geldiği zaman hızlı bir şekilde ısıtıcının enerjisini keser. Eğer sıcaklık set noktasının altına düşerse, kontrol cihazı ısıtmayı devreye alır.

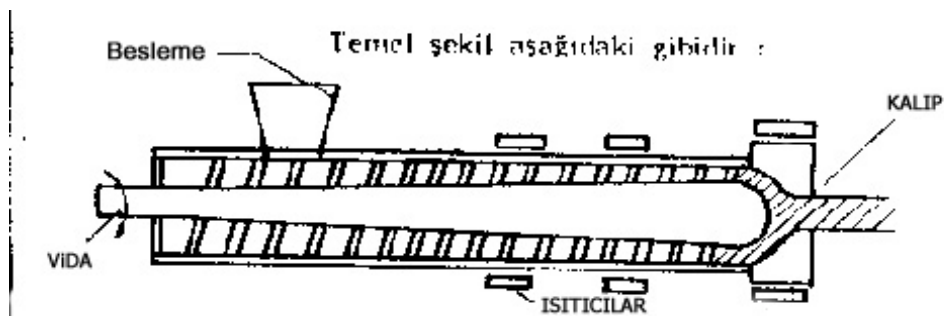
Alkollü termometreler, termokapılar ve rezistanslı termometreler ekstrüder silindir zonlarındaki sıcaklıkları ölçmede kullanılır.

Günümüzde elektronik kontrolörler diğerlerine göre en modern kontrolörler olup yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bununla beraber diğer kontrolörler de çok yaygın bir şekilde kullanılır. Elektronik kontrolörlerde de kontrol prensibi aynı olup gerçek voltaj değeri ile nominal değer karşılaştırılır, hata sinyaline göre ısıtıcılar devreye girer veya devre dışı kalır.

Bir ekstrüder silindiri içinde erimiş fazdaki proses, silindir besleme boğazından belli bir mesafeden sonra başlar. Ekstrüder silindirinde bu noktaya kadar olan proses sadece vidanın itme gücüyle olan bir taşıma prosesidir.

Bu durum vidanın ilk bölmesine niye besleme bölmesi denildiğini gayet iyi izah eder. Malzeme erimeye başladığı zaman, hapsolmuş hava uzaklaşmalıdır. Erimiş malzemenin içinden geçtiği hacim vida gövde çapının arttırılması vasıtasıyla azaltılır. Dolayısı ile sabit akış hızındaki erimiş malzemenin hacim azaldıkça basınç artacağından, içerde hapis olan hava erimiş malzemenin akış yönünün tersine, geriye doğru hareket eder ve besleme bunkerinden dışarı çıkar. Böylece erimiş mal sıcak silindir çeperi ile daha iyi temas eder. Vidanın bu bölümünde, basınç ve sıcaklığın etkisiyle katı halden erimiş hale geçer. Yukarıdaki nedenden dolayı burası geçiş bölgesi veya sıkıştırma bölgesi diye adlandırılır.

Son vida bölmesi, dozaj bölmesi olup, burada erimiş malzeme homojenize edilir ve kalıba (uç ve mühre) transfer edilir, iyi bir homojenleştirme için dozaj bölmesindeki diş dibi derinliği daha küçük olmalıdır. Şekil 3.1’de ekstrüzyon sistemi gösterilmiştir. (Devlet Planlama Teşkilatı, ‘Kauçuk Ürünleri Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu’, *DPT 2553-ÖİK-569, Ankara, 51-87, 2001*

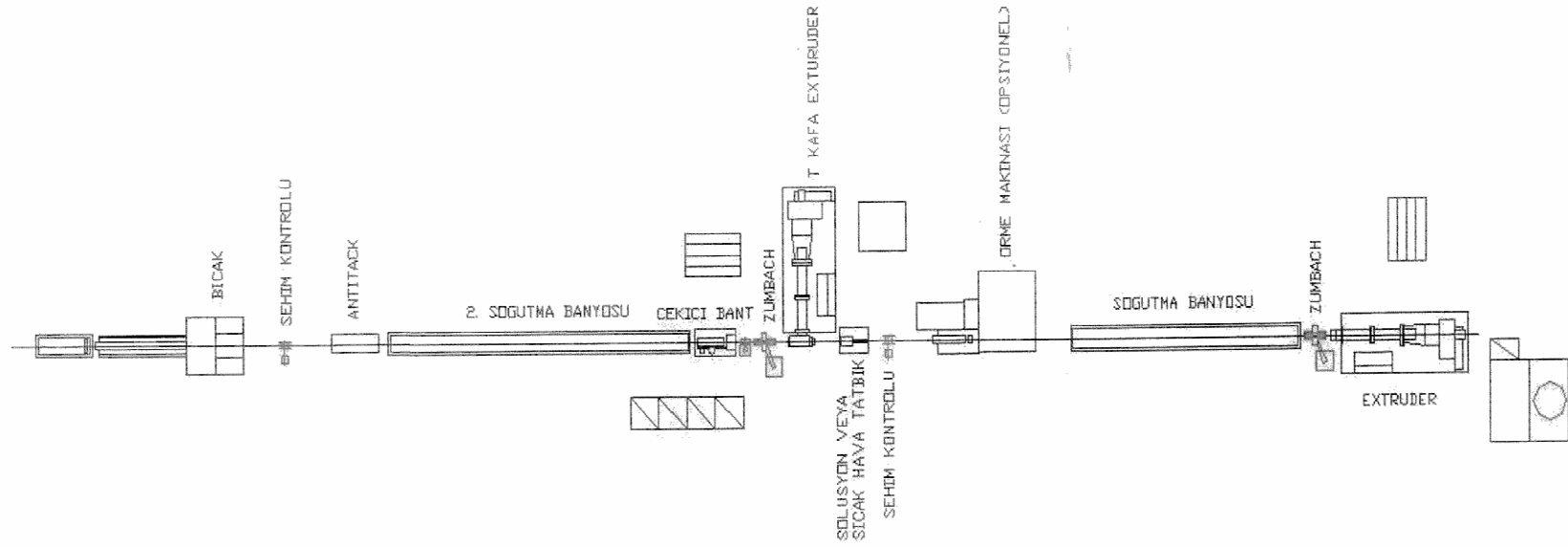


Şekil 3.1 Ekstrüzyon sistemi şematik gösterimi

Kauçuk karışımı dönmekte olan vida vasıtası ile basılır bu mekanik işlemden meydana gelen ve gövdeden aldığı ısı ile ısınır, kafadaki kalıba yarı erimiş halde gelir ve kalıpta son şeklini alır. Baskı vidadaki sabit göbek çapı, hatve veya modern vidalardaki gibi artan göbek çapı ve sabit hatve uygulaması ile sağlanmaktadır. Vida

boyu, vida çapı yaklaşık 5 iken son zamanlarda 12 olmaktadır. Plastik ekstrüderlerinde bu değer 20 ve daha fazladır. Sıcak tip ekstrüderler sıcak kauçuk karışımı ile beslendiğinden bu değer düşüktür. Son zamanlarda soğuk beslemeli kauçuk ekstrüderlerinin devreye girmesi ile kauçuk sanayinde de plastik ekstrüderleri gibi daha komple ekstrüderler kullanılmaktadır.

Ekstrüderde çekilen karışım bir sonraki işlemde kullanılacağı boylara kesilir. Ayakkabı taban imalatından oto lastiği sırtına kadar tüm işlemlerde bu teknik kullanılmaktadır.



Şekil 3.2 Ekstrüzyon sistemi

3.1.2 Eş-ekstrüzyon teknolojisi

Eş-ekstrüzyon teknolojisi yardımıyla birden fazla malzeme kullanarak, her bir malzemenin mekanik ve kimyasal özelliklerinden tek bir ürün vasıtasıyla yararlanmak mümkün olmaktadır.

Başarılı bir Eş-ekstrüzyon sistemi için sistem dizaynı, polimer seçimi, fizibilite çalışması ve ekstrüderlerle beraber çalışacak olan ekstrüder kafası dikkate alınacak olan en önemli parametrelerdir. Eş-ekstrüzyon teknolojisinin ekstrüzyon teknolojisine göre avantajları; katlar arasında yapışma probleminin olmaması, et kalınlıklarının seçiminde geniş bir alanda çalışılabilmesi ve kısa bir hat üzerinde çok katlı hortum imal edilebilmesidir. Diğer yandan bu farklı malzemelerin aynı anda kullanılarak tek bir ürüne dönüştürülmesi hem zaman, hemde çevresel atık açısından da avantajlar getirmektedir.

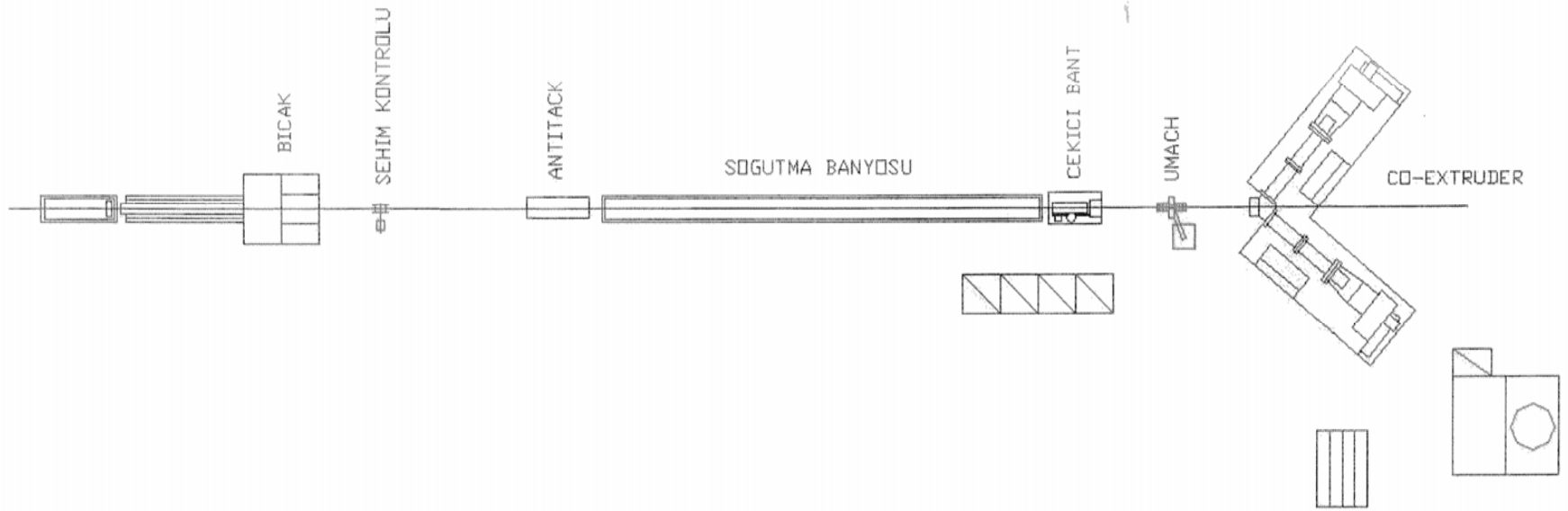
Eş-ekstrüzyon sisteminde alt boru ve üst borunun karışımları Ko-ekstrüder kafasına aynı anda girerek iki katlı hortumu oluşturur. Eş-ekstrüzyon sistemi ile üretilen iki katlı hortumlarda iplik takviyesi bulunmamaktadır. Eş-ekstrüzyon sistemi ile üretilen iki katlı hortumlarda iplik takviyesi bulunmamaktadır. Eş-ekstrüderden çıkan iki katlı hortumda alt ve üst borunun et kalınlıkları ultrasonic tarayıcı ile ölçülerek çekici bant vasıtasıyla soğutma banyosuna girer. Soğutma banyosundan sonra antitack uygulaması yapılarak sehim kontrolü yapılır. Ve bıçak ile istenilen boylarda kesilir. Eş-ekstrüzyon uygulaması yapılırken kullanılacak uç ve mührerlerin iyi tasarlanmış olması gerekir. Eş-ekstrüzyondan çıktıktan sonra vulkanizasyon prosesi için imal edilecek olan maçalar, kullanılan karışımın çekme oranı hesaba katılarak hazırlanmalıdır. Şekil 3.3'de Eş-ekstrüzyon sistemi gösterilmiştir.

Eş-ekstrüzyon sisteminde alt boru ve üst borunun karışımları ko-ekstrüder kafasına aynı anda girerek iki katlı hortumu oluşturur. Eş-ekstrüzyon sistemi ile üretilen iki katlı hortumlarda iplik takviyesi bulunmamaktadır. Ko-Ekstrüderden çıkan iki katlı hortumda alt ve üst borunun et kalınlıkları ultrasonik tarayıcı ile ölçülerek çekici bant vasıtasıyla soğutma banyosuna girer. Soğutma banyosundan sonra antitack uygulaması yapılarak sehim kontrolü yapılarak bıçak ile istenilen boylarda kesilir.

Eş-ekstrüzyon uygulaması yapılırken kullanılacak uç ve mührelerin iyi tasarlanmış olması gerekir. Eş-ekstrüzyondan çıktıktan sonra vulkanizasyon prosesi için imal edilecek olan maçalar, kullanılan karışımın çekme oranı hesaba katılarak hazırlanmalıdır.

Farklı kauçuk malzemeler kullanarak 2 katlı hortum üretilmesinde kullanılan ekstrüzyon sistemine Eş-ekstrüzyon sistemi denilmektedir. Eş-ekstrüzyon teknolojisi yardımıyla birden fazla malzeme kullanarak, her bir malzemenin mekanik ve kimyasal özelliklerinden tek bir ürün vasıtasıyla yararlanmak mümkün olmaktadır.

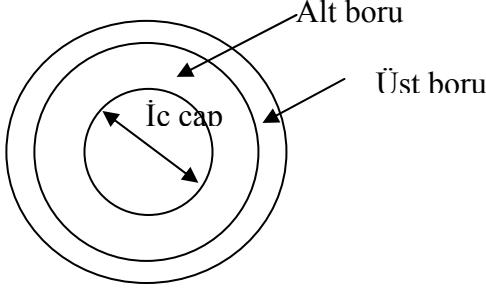
Başarılı bir Eş-ekstrüzyon sistemi için sistem dizaynı, polimer seçimi, fizibilite çalışması ve ekstrüderlerle beraber çalışacak olan ekstrüder kafası dikkate alınacak olan en önemli parametrelerdir. Eş-ekstrüzyon teknolojisinin ekstrüzyon teknolojisine göre avantajları; katlar arasında yapışma probleminin olmaması, et kalınlıklarının seçiminde geniş bir alanda çalışılabilmesi ve kısa bir hat üzerinde çok katlı hortum imal edilebilmesidir. Diğer yandan bu farklı malzemelerin aynı anda kullanılarak tek bir ürüne dönüştürülmesi hem zaman, hemde çevresel atık açısından da avantajlar getirmektedir.



Şekil.3 3. Eş-ekstrüzyon Sistemi

3.2 Eş-ekstrüzyon Teknolojisi ile Üretilmiş Ürünün Malzeme Testleri

Eş-ekstrüzyon teknolojisi ile üretilen hortumun şematik gösterimi şekil 3.4'de verimiştir.



Şekil 3.4 İki katlı hortum

Hortumun katlanmamasını sağlamak için iç çapı $7 \pm 0,5\text{mm}$, dış çapı $12 \pm 0,6\text{mm}$., toplam et kalınlığı $3,5 \pm 0,4\text{mm}$ ve üst boru et kalınlığı $0,4 \pm 0,2\text{mm}$ olarak hesaplanmıştır. Hortum uzunluğu ise motordaki yerine göre $360 \pm 5\text{mm}$ olarak hesaplanmıştır.

Vulkanize olmamış ya da olmuş kauçuk karışımı üzerinden yapılan çeşitli testler mevcuttur. Ayrıca kauçuk karışımını oluşturan bileşenlerin de çok çeşitli test edilebilir özellikleri bulunmaktadır.

Vulkanize olmamış kauçuk karışımı için uygulanan temel iki test bulunmakta olup, bunlar karışımın akışkanlığı ve vulkanizasyon özellikleri hakkında fikir vermektedirler.

- Mooney viskozite testi
- Reolojik özelliklerin belirlenme testi

Viskozimetre karışım tesisinde hammadde ve karışımların viskozite değerlerini ölçmek için kullanılan cihazdır. Şekil 3.5'de Viskozimetre cihazı gösterilmiştir.)

Mooney viskozimetresi, ortalama 2 s^{-1} "shear rate" (kesme hızında) çalışır. Bu cihazda, testere dişi görünümlü disk, oluk şeklinde bir boşlukta basınç altında tutulan 27 cm^3 hacmindeki numune içinde dönü yapar. Belli bir sabit sıcaklıkta, (genellikle

100°C), diski 2 rpm hızda hareket ettirmek için gerekli tork miktarına “Mooney viskozitesi” adı verilir. Markası : Monsanto

Basınç : min. 60psi (4.2kg/cm²)

Ölçüm aralığı : Max.200 Mooney

Hassasiyet : 0,1 Mooney

(Sıcaklık ölçüm aralığı : 30-200°C Hassasiyet: ±0.1 °C)



Şekil 3.5 Mooney MV 2000E Viskozimetre

-Reometre cihazı karışımın reolojik özelliklerini belirlemek için kullanılır. Şekil 3.6'de Reometre cihazı gösterilmiştir.

Numune, konik rotoru çevreleyen ısıtılmış plakalar arasında basınç altında tutulur. Konik disk, belli bir "arc" açısı ve frekansta motor yürütücü kuvveti eşliğinde salınım "osilasyon" yapar.

ODR 100 S' de salınım frekansı 1.660 Hz (MDR 2000 cihazı ile benzerlik gösterir), "strain" (germe) miktarı ise 1° Arc' dır (yaklaşık % 14 strain değerine karşılık gelir).

Markası : Monsanto

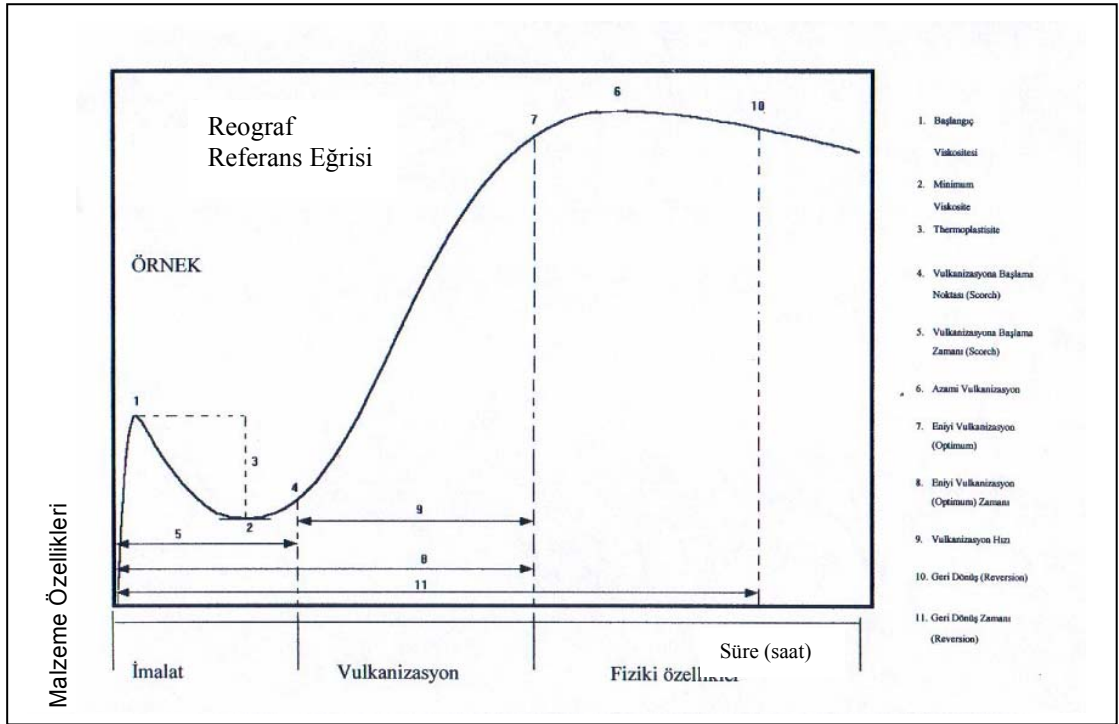
Sıcaklık Aralığı : 100-200°C

Sıcaklık Hassasiyeti : $\pm 0.3^\circ$



Şekil 3.6 Reometre MDR 2000E

Şekil 3.7’de Reograf referans eğrisi verilmiştir.



Şekil 3.7 Reograf Referans Eğrisi

3.2.1 Kopma gerilmesi ve uzama testi: Kopma Gerilmesi (gf/cm^2) ISO 37’e uygun olarak hazırlanan test numunesi ile Çekme Test Cihazında yapılır.

3.2.2 Sertlik testi: ISO 48’e uygun olarak IRHD değeri hesaplanır.

3.2.3 Isı yaşlanması direnci testi: Iso 188’e uygun olarak bir fırın içinde 125 ± 2 °C’de 72 saat süre ile numune yaşlandırılır.

3.2.4 Yağ ve yakıt dayanımı testi: Numuneler ISO 1817’ye uygun olarak yağ dayanımı için ASTM D5964 nolu yağ içinde 125 ± 2 °C’de 72 saat, yakıt dayanımı içinse Fuel C yakıtı içinde 40 ± 1 °C’de 48 saat yaşlandırılır.

3.2.5 Kalıcı deformasyon testi: ISO 815'e uygun olarak alt kat numunesi 125 ± 2 °C'de 24 saat , üst kat numunesi ise 100 ± 1 °C'de 24 saat yaşlandırılır.

3.2.6 Soğuk dayanımı testi: 400mm. uzunluğunda hazırlanan test numunesi ISO 812'ye uygun olarak soğuk odada şartlandırılır. Numune 6 kez dış çapı etrafında sarılarak $-30 \pm 0,5$ °C'de, 5+0,5/-0 saat şartlandırıldıktan sonra 5 sn. içinde 360° ters döndürülerek çatlak, kırılma olup olmadığı gözlemlenir.

3.2.7 Ozon dayanımı testi: ISO 1413-1'e göre 50 ± 5 ppm ozon konsantrasyonunda 40 ± 2 °C'de 72 saat şartlandırılır.

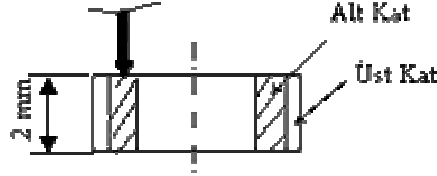
Tablo 3.1'de malzeme özellikleri verilmiştir. (Toyota 3750G teknik şartnamesi, 1999)

Tablo 3.1 Malzeme Testleri

		Alt Kat	Üst Kat	Test Şartları
Normal Şartlarda	Kopma gerilmesi (kgf/cm ²)	10,78 min.	7,84 min.	
	Uzama (%)	350 min.	300 min.	
	Sertlik (Hs)	63 ±5	60 ±5	
	Sertlik (IRHD)	58 ±5 veya 65 ±5	57 ±5	
Isı Yaşlanması Direnci	Kopma gerilmesi değişimi (%)	-10' dan 0'a	-30' dan 10'a	120°C X 70 saat
	Uzama değişimi (%)	-50'den 0'a	-45'den 0'a	
	Sertlik değişimi	0'dan 20'a		
Yağ dayanımı	Kopma gerilmesi değişimi (%)	-10' dan 30'a	-70' den -20'ye	Iso 3 numara yağ 120°C X 70 saat
	Uzama değişimi (%)	-30' dan 10'a	-50' den 0'a	
	Hacim Değişimi	-10' dan 5'e	30' dan 100'e	
	Sertlik Değişimi	-10' dan 10'a		
Yakıt Dayanımı	Kopma gerilmesi değişimi (%)	-60' dan 0'a		Yakıt C 40°C X 48 saat
	Uzama değişimi (%)	-50' den 0'a		
	HHHacim Değişimi	20' den 50'ye		
	Sertlik Değişimi	-30' dan 10'a		
Sıkıştırma %		0'dan 30'a		120°CX22h
Soğuk dayanımı °C		-25 max.		
Ozon dayanımı		70h sonunda kırık, çatlak olmayacak		

3.3 Eş-ekstrüzyon Teknolojisi ile Üretilen Ürünün Performans Testleri

3.3.1 Sertlik testi: Sertlik testi ASTM D1415'e uygun olarak yapılır. Bitmiş hortumun alt katından 2mm² numune hazırlanarak yapılır. Şekil 3.8'de sertlik testi yapılışı anlatılmıştır. (Toyota 3750G teknik şartnamesi, 1999)



Şekil 3.8 Sertlik testi şematik gösterimi

3.3.2 Isı yaşlanması direnci testi: Bitmiş hortum 120±2°C'de 70h yaşlandırıldıktan sonra oda sıcaklığına soğutulur. Hortum kavisli ise kavisli olan olan yerler gerdirilerek hortum alt ve üst katında herhangi bir anormallik olup olmadığı gözlemlenir. (Toyota 3750G teknik şartnamesi, 1999)

3.3.3 Basınç dayanımı testi: Hortumun kendisi Basınç Test Cihazına bağlanır. Hortum içindeki hava boşaltılır ve dakikada 6,86 Mpa değerinde basınç uygulanır. Hortum patladığındaki veya hortum bağlantı yerinden çıktığındaki basınç değeri ölçülür. (Toyota 3750G teknik şartnamesi, 1999)

3.3.4 Değişken basınç dayanımı testi: Hortumun içindeki havanın tahliye olmaması için hortumun bir ucu kapatılır ve diğer ucu vakum pompasına bağlanır. Basınç değeri 100 mmHg'ye düşürülür ve 3 dk. Beklenir. Sonra hortumun dış çapı ölçülür ve dış çap çap değişimi hesaplanır. (Toyota 3750G teknik şartnamesi, 1999)

$$\text{Basınç Değişimi (\%)} = \frac{\text{Basınç düşümü öncesi hortum dış çapı} - \text{basınç düşümü sonrası hortum dış çapı}}{\text{Basınç düşümü öncesi hortum dış çapı}} \times 100$$

3.3.5 Yağ dayanımı testi: Hortum içine ISO 3 yağı doldurularak her iki ucu kapatılır. Oda sıcaklığında 48h yaşlandırıldıktan hemen sonra 4.3.4’de anlatıldığı gibi değişken basınç dayanımı ölçülür. (Toyota 3750G teknik şartnamesi , 1999)

$$\text{Değişim Oranı (\%)} = \frac{\text{Yağ doldurmadan önce hortum dış çapı} - \text{yağ doldurduktan sonra hortum dış çapı}}{\text{Yağ doldurmadan önceki hortum dış çapı}} \times 100$$

3.3.6 Ozon dayanımı testi: 2 farklı tipte numune hazırlanır. İlk numunede hortum 180° bükülür ve bağlanır diğerinde ise hortum içine; hortumun iç çapından %10 daha büyük bir mil takılır. Oda sıcaklığında 16 ila 24 saat bekletildikten sonra; 40 ± 2 C’de, 50 ± 5 ppm O3 konsantrasyonunda hazırlanan ozon cihazında bekletilir. Hortum üstünde çatlak oluşmaya başlanan zaman ölçülür. (Toyota 3750G teknik şartnamesi, 1999)

3.3.7 Soğuk dayanımı testi: Hortumu -30±2°C de 5 saat soğuttuktan sonra hortum üstünde herhangi bir çatlak, hasar olup olmadığı gözlemlenir. (Toyota 3750G teknik şartnamesi, 1999)

3.3.8 Yapışma dayanımı testi: Hortumdan 20mm. Genişliğinde numune kesilerek Fuel C yakıtı içine daldırılır. 40±2°C’ye ısıtılmış yakıt içinde 5 saat bekletildikten sonra alt kat ve üst kat hortumun ayrılmaya başladığı zaman ölçülür. (Toyota 3750G teknik şartnamesi, 1999)

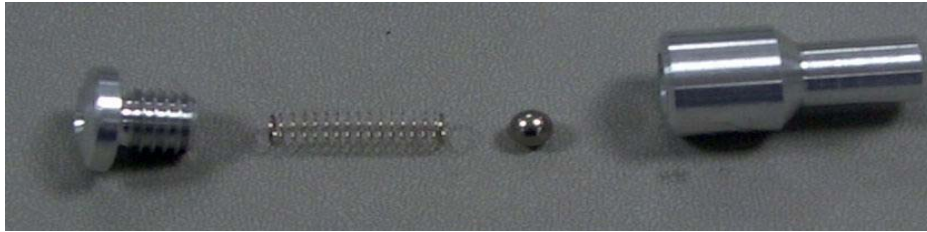
3.3.9 Bağ dayanımı (bonding) testi: NBR+CSM malzemelerinden iki katlı olarak hazırlanan kauçuk hortum 1m. uzunluğunda kesilerek içine % 40/60 izo-oktan/toluen yakıtı min. %90 oranında doldurulur. Hortumun iki tarafı kapatılarak etüv içinde 80 ± 2°C de 168+2 saat yaşlandırılarak her 24 saatte bir eksilen miktar kadar hortumun içine yakıt eklenir. 168 saat sonunda hortum etüvden alınarak oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra içindeki yakıt behere boşaltılarak 10mL kalana kadar konsantre edilir. Daha sonra bu 10mL’lik konsantre yakıt 50mL’lik behere boşaltılarak etüvde 80 ± 2° ‘de 120 + 2 saat kurutulur. Bilyalar bu konsantre edilmiş yakıtı bulanarak Jig içine yay ile birlikte konur. İçine bilya ve yay konularak hazırlanan Jig 120 ± 2°’de 1

saat boyunca etüvde ısıtıldıktan sonra oda sıcaklığına kadar soğutulur. Kompresör vasıtasıyla pozitif yönde basınç tatbik edilerek bilyanın açılma basıncı “Dijital Manometre” ile ölçülür. Aynı test bu kez bilya temiz iken uygulanarak yine bilyanın açılma basıncı ölçülür ve iki basınç arasındaki farkın 933 Pa’dan büyük olmaması gerekir. Tablo 3.2 ‘de İki katlı kauçuk yakıt hortumundan beklenen performans özellikleri verilmiştir. (Toyota 3750G teknik şartnamesi, 1999)

Tablo 3.2 Performans testleri

			Test şartları
Alt boru sertlik (IRHD)		60±5	
	Sertlik değişimi	0 'dan 15'ye	
Isı yaşlanması direnci	Dış görünüş	Hortumda çatlak, soyulma olmayacak	120°CX70h
Basınç dayanımı		0,39Mpa	Oda sıcaklığında
Değişken basınç dayanımı	Dış çap değişimi	max. %10	Oda sıcaklığında
Yağ dayanımı	Dış çap değişimi	max. %10	Oda sıcaklığında
Soğuk dayanımı		Hortumda çatlak olmayacak	-30°CX5h
Yapışma dayanımı		Soyulma olmayacak	Fuel C yakıtı içinde 40±2°C
Ozon dayanımı		Kırılma, çatlak olmayacak	
Bağ dayanımı (bonding)		max. 933Pa	

Aşağıdaki şekil 3.9’da bağ dayanımı testinde kullanılan jig,bilya,yay, manometre ve test düzeneğinin resimleri verilmiştir. Şekil 3.10’de ise bağ dayanımı testinde kullanılan dijital manometre’nin resmi gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Bağ dayanımı testinde kullanılan jig, yay, bilya



Şekil 3.10 Dijital manometre

Şekil 3.11 'de Bağ dayanımı testi yapılırken kurulan düzeneği gösterilmektedir.



Şekil 3.11 Bağ dayanımı test düzeneği

4. DENEYSEL SONUÇLAR

4.1 Ekstrüzyon Teknolojisi ile Üretim Esnasında Karşılaşılan Problemler

Ekstrüzyon teknolojisi kullanılarak 2 farklı kauçuk malzemeden (alt kat NBR, üst kat CSM) iki katlı hortum üretimi denenmiş, Şekil 4.1’de görüleceği gibi yapışma problemi ortaya çıkmıştır.

Alt kat ve üst katın birbirine yapışmama nedeni; Şekil 3.2’den de görüleceği gibi üst katı(CSM) çekmek için T kafa ekstrüderi kullanılması ve alt katı (NBR) çeken 1. ekstrüder ile T kafa ekstrüder arasında mesafe olmasıdır. Alt kat (NBR) çekildikten sonra hava ile temas etmekte ve üst katı(CSM) çekmek için T kafa ekstrüdere gelene kadar üstünde hava tabakası kalmaktadır. Alt kat hortum T kafa ekstrüdere girdiğinde bu hava tabakası tam olarak atılamamakta ve üst kat hortumun alt kat hortuma yapışma problemi ortaya çıkmaktadır.

Şekil 4.1’de Ekstrüzyon sistemi ile üretilmiş iki katlı hortumda kat ayrışması açık olarak gösterilmiştir

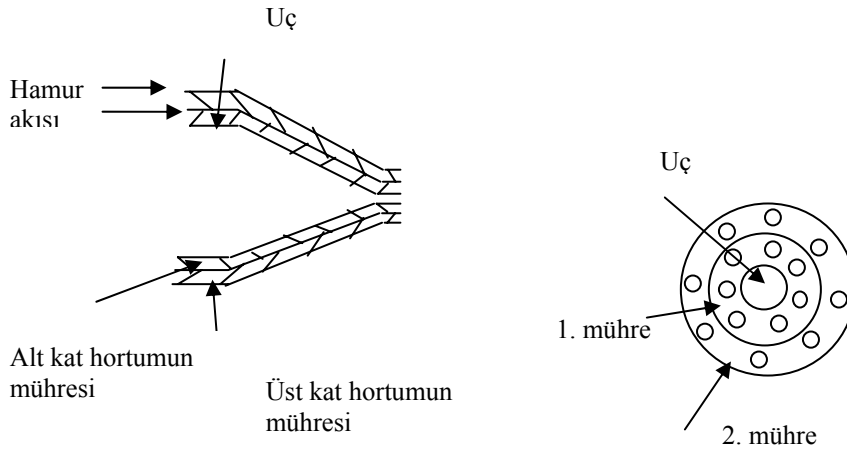


Şekil. 4.1 Ekstrüzyon yöntemi ile üretilmiş hortumda kat ayrışması problemi

4.2 Eş-Ekstrüzyon Teknolojisi ile Üretim Esnasında Karşılaşılan Problemler

Eş-ekstrüzyon teknolojisinde alt kat ve üst kat malzeme aynı kafada birleşen 2 farklı ekstrüder ile çekilmekte, dolayısıyla alt kat ve üst kat arasında hava tabakası kalmamaktadır. Bkn.şekil 3.3.

Özel olarak dizayn edilmiş bu kafada 1 adet uç ve 2 adet mühre bulunmaktadır. Uç'un görevi hortumun iç çapını sağlamak olup; 1. mühre alt kat hortumun et kalınlığını, 2. mühre ise üst kat hortumun et kalınlığını sağlamaktadır. Uç ve mühreler bilezik gibi iç içe geçerek uç ve 1. mühre arasındaki boşluk alt kat hortumun et kalınlığını, 1.mühre ve 2.mühre arasındaki boşluk üst kat hortumun et kalınlığını sağlamaktadır. Şekil 4.2'de uç ve mührelerin şematik resimleri verilmiştir.



Şekil 4.2 Eş-ekstrüzyon sisteminde kullanılan uç ve mühreler

4.3 Eş-Ekstrüzyon Teknolojisi Kullanılarak Üretilen Hortumların Malzeme Test Sonuçları

Tüm bu testler tablo 3.1'e uygun olarak yapılmıştır.

4.3.1 Kopma gerilmesi ve uzama test sonucu: Kopma gerilmesi alt kat 10,8 kgf/cm² üst kat 8,2 kgf/cm² olarak ölçülmüştür. Uzama değeri alt kat %380, üst kat % 320 olarak ölçülmüştür.

4.3.2 Sertlik test sonucu: Alt kat 60 IRHD, üst kat 62 IRHD ((International Rubber Hardness Degrees, Uluslararası Kauçuk Sertlik Dereceleri)) olarak ölçülmüştür.

4.3.3 Isı yaşlanması direnci test sonucu: Isı yaşlanması sonucunda alt kat kopma gerilmesi değişimi %-5, üst kat % 6, uzama değişimi üst kat -20, alt kat -22, sertlik değişimi alt kat -6 olarak ölçülmüştür.

4.3.4 Yağ ve yakıt dayanımı test sonucu: Yakıt yaşlandırması sonucunda kopma gerilmesi değişimi alt kat -15, uzama değişim alt kat % 20, hacim değişimi alt kat 7 olarak ölçülmüştür.

Yağ yaşlandırması sonucunda kopma gerilmesi değişimi alt kat %-8 üst kat %-50, uzama alt kat % -20, üst kat % -25, hacim değişimi alt kat 2, üst kat 45, sertlik değişimi alt kat 7 olarak ölçülmüştür.

4.3.5 Kalıcı deformasyon test sonucu: Sıkıştırma oranı %25 olarak ölçülmüştür.

4.3.6 Soğuk dayanımı test sonucu: -25 °C 'de hortumda herhangi bir çatlak, kırılma gözlenmemiştir.

4.3.7 Ozon dayanımı test sonucu: ozon cihazında test edilen üründe çatlak görülmemiştir.

Tüm test sonuçlarından görüleceği gibi eş-ekstrüzyon teknolojisi ile üretilen hortumun istenilen tüm malzeme gereksinimlerini karşılamıştır.

4.4 Eş-Ekstrüzyon Teknolojisi Kullanılarak Üretilen Hortumların Performans Test Sonuçları

Tüm bu testler tablo 3.2'ye uygun olarak yapılmıştır.

4.4.1 Sertlik test sonucu: İki katlı hortumun sertlik değeri 62 IRHD olarak ölçülmüştür.

4.4.2 Isı yaşlanması direnci test sonucu: Isı yaşlanması sonunda sertlik değişimi 9 olarak ölçülmüştür. Hortumda herhangi bir çatlak görülmemiştir.

4.4.3 Basınç dayanımı test sonucu: Patlama basıncı 0,50Mpa olarak ölçülmüştür.

4.4.4 Değişken basınç dayanımı test sonucu: %7 olarak ölçülmüştür.

4.4.5 Yağ dayanımı test sonucu: Yağ içinde hortumu yaşlandırdıktan sonra dış çap değişimi %7 olarak ölçülmüştür.

4.4.6 Ozon dayanımı test sonucu: Ozon cihazında test edilen hortumda çatlak görülmemiştir.

4.4.7 Soğuk dayanımı test sonucu: Soğuk odada şartlandırıldıktan sonra hortum üstünde çatlak görülmemiştir.

4.4.8 Yapışma dayanımı test sonucu: Hortum üstünde ve katlar arasında soyulma görülmemiştir.

4.4.9 Bağ dayanımı (bonding) test sonucu: 920pa olarak basıç değeri manometreden okunmuştur.

Bonding testinin yapılmasındaki amaç; hortum araca takıldıktan sonra hortumun bağlandığı sifon (bağlantı yeri) içinde bulunan valfi tıkayıp tıkamadığını ölçmektir. Hortum içinden geçen yakıt ve/veya yakıt buharı hortum çeperlerinden partiküller kopartarak valfi tıkayabilir. Bonding testi sayesinde kauçuk karışımın içeriğini değiştirmek gerekliliği görülmüştür. Şöyleki; ilk hazırlanan karışım kullanılarak numune hazırlanmış ve bonding testine tabi tutulmuştur. Bu test sonucunda gereken test sonuçları elde edilememiş ve karışım içeriğinde değişikliğe gidilmiştir. Oda sıcaklığında katı halde bulunan plastifiyan kullanılan ilk karışımda görülmüştür ki; bilyanın bulunduğu çözelti katı halde olduğunda testte istenilen basınç

değeri yakalanamıyor. Bu durumda oda sıcaklığında sıvı halde bulunan plastifiyan tercih edilerek yeniden bir karışım hazırlanmış ve test numunesi ile hazırlanan çözeltinin vizkositesinin daha düşük olduğu ve bu durumda test için gerekli basınç değerlerinin sağlandığı görülmüştür.

Üzerinde durulan en önemli problemlerden biri de ürünün istenilen ölçülerde çıkmamasıdır. Ekstrüzyon esnasında çalışan iki ekstrüderin vida hızları arasındaki çok küçük dalgalanmalar dahi ürünün çap veya et kalınlıklarına etki edebilir. Bu yüzden gerekli kalite düzeyini korumak amacıyla ürünün boyutsal ölçü kontrolünün sürekli bir şekilde yapılması gerekmektedir. Ancak konvansiyonel yöntemlerle yapılan alt ve üst boruların çap kontrolleri eş-ekstrüder yönteminde geçerli olamamaktadır. Bunun sebebi de ürünün iki veya daha çok katının aynı anda ekstrüder kafasından çıkmasıdır. Bu sorunun aşılması için malzemelerin yoğunluk farkından faydalanarak ultrason yöntemiyle ölçüm yapan “Umac” cihazının kullanılması gerekmektedir. Bu cihazın μm mertebelerinde ölçüm yapabilme kabiliyeti olup sadece ölçüm yapmakla kalmayıp, aynı zamanda değişen parametreleri de kontrol altında tutabilmektedir.

Eş-ekstrüzyon sisteminde dikkat edilmesi gereken husulardan biri de iki farklı komponentin birbirine yapışmasıdır. Kauçuk karışımları hazırlanırken yapışma özelliklerini iyileştirecek katkı maddeleri reçetelere konmalıdır.

Eş-extrüderde kullanılacak olan uç ve mühreler kauçukların çekme oranları dikkate alınarak imal edilmelidirler. Her kauçuk malzemenin çekme oranları değişiklik göstereceğinden iki katlı hortumda malzemelerin çekme oranı farklılıklarından dolayı hortum düzgün imal edilemez.

İkinci bölümde anlatılan kauçuklar ve üçüncü bölümde anlatılan eş-ekstrüzyon teknolojisi birleştirilerek yakıt sistemlerinde kullanılmak üzere hem yakıtta hemde ozona dayanıklı kauçuk hortumu mümkün olabilmektedir. Hortumun kullanım alanına göre kauçuk tipi ve vulkanizasyon sistemi belirlenerek eş-ekstrüzyon teknolojisi yardımıyla çok çeşitli iki katlı kauçuk hortum üretimi yapılabilir.

SONUÇLAR

Yapılan çalışma neticesinde dünyanın en büyük otomobil üreticilerinden Toyota firmasına iki komponentli kauçuk hortum üretimi yapılmaya başlanmıştır. Toyota'nın Verso modelinde kullanılan yakıt buharı dönüş ve yakıt buharı havalandırma hortumları bu çalışma sayesinde geliştirilerek üretilmiştir.

Şimdiye kadar yurtdışındaki kauçuk hortum üreticisi yan sanayilerinden temin edilen ürünün bu çalışma sayesinde geliştirilmesi ve üretilmesi sağlanacağından önemli bir döviz kazancı söz konusudur.

Ülkemizde bu yeni teknolojinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması ile yakıt dolum hortumlarının da üretilmesi sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Devlet Planlama Teşkilatı, ‘Kauçuk Ürünleri Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu’, *DPT 2553-ÖİK-569, Ankara*, 51-87, 2001
- [2] Gazi Üniversitesi, Kauçuk (online), <http://www.obitet.gazi.edu.tr> (**Ziyaret tarihi:10Eylül 2005**)
- [3] İşler, R., Alanbay, D., ‘Plastik İşleme Teknolojisi’, Yayın no:05, *Alpet Yayınlan* , 18-45, 1990
- [4] Akkurt, S., ‘Plastik Malzeme Bilgisi’, *Birsen Yayınevi*, 18-45, 1991
- [5] Yaşar, H., ‘Plastikler Dünyası’, Yayın no:142, *MMO yayınları*, 20-33, 1992
- [6] Toyota 3750G teknik şartnamesi, 1999

ÖZGEÇMİŞ

1971 yılında Sakarya'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Adana'da tamamladı.

1988 yılında girdiği İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümünden

1994 yılında Makina Mühendisi olarak mezun oldu.

1994 yılından beri özel sektörde Makina Mühendisi olarak çalışmakta olup; halen Autoliv Cankor firmasında Proses Kalite Mühendisi olarak görev yapmaktadır.